EVRİM TEORİSİNE KARŞI BİYOKİMYASAL ZAFER

DARWİN'İN KARA KUTUSU

MICHAEL J. BEHE




KESİT

Prof. Dr. Michael J. Behe: Lehigh Üniversitesi Biyoloji Bölümünde öğretim üyesidir. Doktorasını 1978 yılında biyokimya dalında Pennsylvania Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Behe, şu an protein yapılarında doğal seleksiyon ve tasarımın detaylı anlatımı hususunda araştırma yapmaktadır. Kendisi ABD'nin Pennsylvania eyaletine bağlı Bthlehem'de yaşamaktadır.

DARWIN'İN KARA KUTUSU
Evrim Teorisine Karşı Biyokimyasal Zafer

MICHAEL J. BEHE

İngilizce'den çeviren:
Gürkan Bayır



YAYIN NO: 21, BİLİM / 1
ISBN 9944-321-19-2
genel yayın yönetmeni
İslam Özkan

tashih
Nihal Çolak

redaksiyon
Burcu çekmece

kitap iç düzenleme
Burhan Maden

kapak
Mustafa Odabaşı
Termit Design House

baskı ve cilt
Günaydın Matbaası
Litros Yolu, 2. Matbaacılar Sitesi, Topkapı, İstanbul

kitabın orijinal adı:
Darwin's Black Box, Biochemical Challange to Evolution, Free Pres, 2006

birinci baskı
1996, Aksoy Yayıncılık

ikinci baskı
Mart 2007, Kesit Yayınları

KESİT YAYINLARI

Molla Fenari Sokak.
İnel Han No: 3 Kat: 2
Cağaloğlu/İstanbul

tel: 0212 526 52 43 - 526 85 50-51
faks: 0212 526 85 52

kesit@kesityayinlari.com
www.kesityayinlari.com

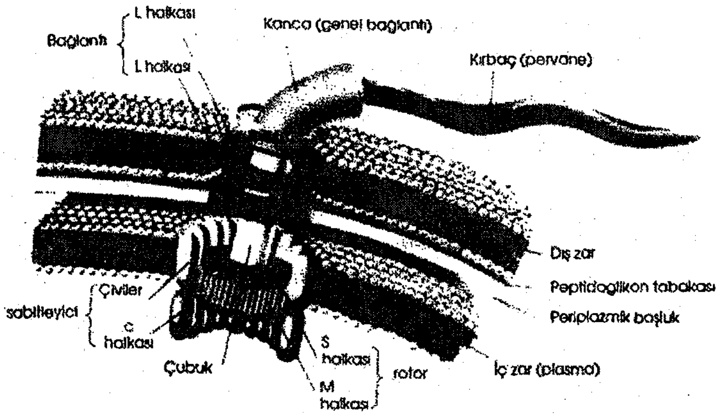
İÇİNDEKİLER

Kısım II
Kutunun İçeriği

III. BÖLÜM

IV. BÖLÜM

V. BÖLÜM



Kamçılı bakterinin biyokimyasal karmaşıklığı

ÖNSÖZ

Doğayı anlama konusunda bilimin çok önemli mesafeler katettiğini söylemek, sıradan sayılabilecek kadar yaygındır. Fizik kanunları, dünyadan milyarlarca kilometre uzaklıktaki gezegenlerin fotoğraflarını, yüksek bir doğrulukla çekebilecek araçların yapılmasını sağlayacak kadar gelişmiştir. Bilgisayar, telefon, elektrik lambası ve diğer pek çok örnek, doğanın gücü karşısında bilim ve teknolojinin üstünlüğünün tanığıdırlar. Aşılar ve çok yaygın olarak ekilen temel gıda besinleri, insanlığın özellikle bazı bölgelerde en eski düşmanları olan salgın hastalık ve açlığı yenebilmişlerdir. Moleküler biyoloji hakkında neredeyse her hafta yeni keşiflerin duyurulması, genetik hastalıkların tedavisi için umutları arttırmaktadır.

Bütün bunlar bir yana, bir şeyin nasıl çalıştığını anlamak, onun nasıl meydana geldiğini anlamaktan farklıdır. Örneğin Güneş Sistemi'ndeki gezegenlerin hareketi şaşılacak bir doğrulukla tahmin edilebilmektedir. Ancak Güneş, gezegenler ve uydularının nasıl oluştuğu sorusu hala tartışma konusudur.[1] Bilim bu soruyu eninde sonunda muhtemelen cevaplayacaktır. Yine de bir şeyin kökenini anlamak ile gündelik hareketlerini anlamak birbirinden farklı şeylerdir.

---

[1] Cameron, A. G. W. (1988) "Origin of the Solar System", *Annual Review of Astronomy and Astrophsyics, 26*, s. 441-472.

Bilimin doğa karşısındaki üstünlüğü pek çok insanı onun doğa ve yaşamın kökenini de açıklaması gerektiği düşüncesine sevk etmiştir. Darwin'in, hayatı varyasyonlara dayalı doğal seleksiyon ile açıklamaya çalışan teorisi, hayatın temel mekanizmaları on yıl öncesine kadar tamamen gizli olduğu halde, bir asırdan fazla bir zamandır eğitim çevrelerinde kabul görmüştür.

Modern bilim nihayet hayatın moleküler bir olgu olduğunu anlamıştır: Bütün organizmalar, biyolojik sistemlerin somun, cıvata, çark ve makarası gibi işlevler gören moleküllerinden oluşmuştur. Kan dolaşımı gibi yüksek düzeyde seyreden, karmaşık biyolojik hareketler tabii ki mevcuttur. Ancak hayatın temelindeki detaylar, biyomoleküllerin varlık alanına girmektedir. Bu moleküller üzerinde araştırma yapan biyokimya da böylece hayatın temelini keşfetmek gibi bir görev yüklenmiştir.

1950'lerin ortalarından bu yana biyokimyasal sistemlerin moleküler seviyedeki seyrini aydınlatmak için itinalı bir çalışma sürdüren Darwin, kendi teorisinin koşullarından birisi olan "türlerin değişiminin" neden gerçekleştiğinden habersizdi. Ancak biyokimya bu konuya moleküler bir temel oluşturabilmiştir. 19. yüzyıl bilimi, görme, bağışıklık ya da hareket gibi mekanizmaları dahi açıklayamazken modern biyokimya tüm bu fonksiyonları yerine getiren molekülleri keşfetmiştir.

Önceleri hayatın temelinin çok basit olduğu düşünülüyordu. Sonraları bu düşünce geçerliliğini yitirmiştir. Görme, hareket ve diğer biyolojik işlevlerin, televizyon kameraları ya da arabalardan daha az gelişmiş olmadıkları ispatlanmıştır. Yaşam kimyasının nasıl çalıştığı konusunda bilim önemli gelişmeler kaydetmiştir. Bununla beraber moleküler seviyedeki biyolojik sistemlerin muhteşem karmaşıklığı, kökenleri anlama konusunda bilimi felce uğratmıştır. Spesifik, kompleks biyomoleküler sistemlerin açıklanması için neredeyse hiçbir girişimde bulunulmamıştır. Bilim adamlarının çoğu, açıklamaların hazır olduğunda, eninde sonunda ortaya çıkacağı yönünde ısrar ettiler. Ancak profesyonel bilim literatüründe bu iddiaları destekleyecek herhangi bir şey yoktur. Daha da önemlisi yaşamın mekanizmalarına yönelik Darwinci bir açıklamanın, sonsuza kadar bulunamayacağını düşünmek

için zorlayıcı nedenler – sistemlerin bizzat kendisinin yapısına dayalı – bulunmaktadır.

Evrim esnek bir kelimedir.[2] Kimileri için bir şeyin zamanla değişmesini ifade edecek kadar basittir. Kimileri için ise bilimsel bir zemini olmaksızın, tüm yaşam formlarının ortak bir atadan türediği anlamına gelir. İkinci anlamında değişim mekanizması belirtilmemiştir. Bununla beraber olayı tamamen biyolojik anlamıyla ele alırsak evrim, yaşamın sözde cansız maddelerden türeyerek, nihayetinde canlı bir varlığa dönüşme sürecine verilen isimdir. Bu, Darwin'in kelimeye verdiği anlamdır ve aynı anlam, bilim çevreleri tarafından da kabul edilmiştir. Ben de kitabın bundan sonraki bölümlerinde kelimeyi bu anlamıyla kullanacağım.

DETAYLARIN ÖNEMİ

Yıllar evvel bir yılbaşı akşamı Noel Baba, en büyük oğluma üç tekerlekli bir bisiklet hediye etti. Kendisi meşgul bir insan olduğu için parçaları kutudan çıkartıp birleştirmeye vakti yoktu. Doğal olarak bu iş bana kalmıştı. Parçaları kutudan çıkardım, birleştirmeyi anlatan kitapçığı açtım ve derin bir nefes aldım. Zira kitapçık 6 sayfadan oluşan detaylı bir bilgi içeriyordu: Sekiz farklı vidayı sırala, yarım inçlik vidaları mile tak, mili bisiklet gövdesindeki kare şeklinde olan deliğe geçir vs. yönergeleri okumak istemiyordum, zira bütün her şey detaylarda gizliydi ve bu detaylar da gazete okur gibi göz gezdirilecek şeyler değildi. Bunun yerine kollarımı sıvadım, bir soda açtım ve işe koyuldum. Birkaç saat sonra üç tekerlekli bisiklet ortaya çıkmıştı. Tabi ki bu sürede yönergeleri iyice anlamak için defalarca okumak zorunda kaldım. Yönergelere uyarak bisikleti birleştirebilmiştim.

Yönergelere karşı nefret, yaygın bir durumdur. Her evde bir video bulunmasına rağmen çoğu yetişkin onu programlamayı bilmez. Bu teknoloji harikaları eksiksiz bir yönerge kitapçığıyla beraber satılır; ancak çoğu kimse, bu kitapçıkları can sıkıcı bulur. Dolayısıyla işleri evdeki çocuklara havale ederler.

---

2 Johnson, P. E. (1991) *On Trial*, Regnery Gateway, Washington DC, bölüm 5; Mayr, E. (1991) *One Long Argument*, Harvard University Pres, Cambridge, MA, s. 35-39.

Ne yazık ki biyokimyanın büyük bölümü bir yönerge kitapçığı gibidir ve işin önemi ayrıntılarda gizlidir. Bir biyokimya kitabına sadece göz atan bir öğrenci, sınavdaki zamanının büyük bir bölümünü tavanı seyrederken terleyerek geçirecektir. Ders kitabına göz gezdirmek, öğrenciyi "durum bağlanma enerjisinin rolüne özellikle dikkat ederek, bir peptid bağının tripsin tarafından hidrolizini açıklayınız" gibi sorulara hazırlamayacaktır. Yaşam kimyasının genel hatlarını anlamaya yardım edecek çok genel biyokimyasal ilkeler olmasına rağmen, bu ilkeler sizi belli bir noktadan öteye götürmez. Mühendislik diploması üç tekerlekli bisiklet kitapçığının yerini tutmaz ya da videoyu programlamanıza yardım etmez.

Maalesef biyokimyanın titiz davranışlarından haberdar olan pek çok insan vardır. Nispeten kısa hayatlarında anemiden muzdarip olan insanlar, 146 adet amino asit zincirindeki küçük bir değişikliğin vücutlarındaki on binlerce proteini nasıl etkilediğini çok iyi bilmektedirler. Tay-Sachs ya da kistik fibrosizden ölen veya diyabet ya da hemofili olan çocukların ebeveynleri biyokimyasal ayrıntıların önemini istediklerinden fazla bilmektedirler.

Buna göre yazdıklarımın okunmasını isteyen bir yazar olarak bir ikilemle karşı karşıyayım: Detaylardan nefret eden insanlar ve evrim teorisinin biyokimya açısından önemli çıkmazlarının detaylarda gizli olması. Bu yüzden, beni yazmaya iten fikirleri okumayı sevmeyen insanlara da sunabilecek bir kitap yazmalıydım. Her şeye rağmen karmaşıklık, tadılması gereken bir tecrübedir. Yani değerli okuyucularım, sizden sabır istiyorum. Zira bu kitapta oldukça fazla ayrıntı bulunmaktadır.

Kitap üç bölümden oluşmaktadır. 1. Bölüm, evrimin biyokimyanın konusu olan moleküler seviyede neden tartışılması gerektiği hakkında bir arka plan ve nedenler sunmaktadır. Bu bölümde çok fazla teknik ayrıntı yoktur ancak düşünerek okunursa daha yavaş ilerleme söz konusu olabilir. 2. Bölüm, örnekler vermektedir ve kitabın en ayrıntılı bölümüdür. 3. Bölüm, biyokimya alanındaki buluşların etkilerini teknik olmayan bir dille tartışmaktadır.

Bu durumda en zorlayıcı bölüm 2. bölümdür. Ancak bu bölümde okumayı kolaylaştırmak için günlük hayattan benzetmeler yapmaya

çalıştım. Böylece biyokimyasal sistemlerin ayrıntılı açıklamaları da en aza inmiş oldu. En çok ayrıntı içeren paragraflar – teknik terimlerle dolu – düzgün metinlerin süslenmesinden yola çıkılarak yazılmış oldu. Bununla okuyucuya nefes alma imkânı vermeye çalıştım. Bazı okuyucular 2. bölümü geçebilirler. Hazır oldukları zaman da geri dönüp anlamaya çalışabilirler. Biyokimya hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmek isteyenler için kitabın sonuna, genel ilkelerden bahseden bir bölüm ekledim. Ayrıca konuyla ilgilenenlerin kütüphaneden biyokimya kitapları alıp okumalarını tavsiye ediyorum.

KISIM I

KUTU AÇILIYOR

I. BÖLÜM
LİLİPUT BİYOLOJİSİ

BİR FİKRİN SINIRLARI

Bu kitap, Darwin'in evrim teorisi fikri hakkındadır. Bu fikir biyokimyanın buluşları neticesinde tıkanma noktasına ulaşmıştır. Biyokimya, yaşamı çok temelden ele alır: Hücre ve dokuları oluşturan moleküller; sindirim, fotosentez, bağışıklık ve diğer sistemlerdeki tepkimeleri katalizleyen moleküller.[3] 1950'lerin ortalarından beri biyokimya alanında yaşanan parlak gelişmeler bilimin dünyayı anlama gücüne güç katan olgulardı. Bu durum tıp ve ziraat alanında pek çok pratik faydayı da beraberinde getirmiştir. Ancak bilginin de bir bedeli vardır. Buluşlar ortaya çıkarken onlara dayalı yapılar da sarsılmakta ve hatta yıkılabilmektedir. Fizik gibi bilimler kendi kurallarını koyarken, dünyayı anlamak için kullanılan eski metotlar anlamını yitirmekte, büyük oranda revize edilmekte ya da kullanıldıkları alanlar daralmaktadır. Öyleyse bu durum doğal seleksiyona dayalı evrim teorisi için de geçerli midir?

Pek çok tanınmış fikir gibi Darwin'inki de oldukça basittir. Darwin, tüm türlerde bir farklılık gözlemlemiştir. Bazıları büyük iken bazıları küçüktür. Bazıları hızlıdır. Bazılarının rengi açıktır. Doğadaki besin kaynaklarının dünyaya gelen tüm organizmaları beslemeye yet-

---

[3] *Biyokimya* derken moleküler biyoloji, genetik ya da embriyoloji gibi başka isimler altında faaliyet gösterse de yaşamı moleküler seviyede inceleyen bütün bilimleri kastediyorum.

meyeceğini öngören Darwin, bazı türlerin yaşadığı varyasyonun onları yaşam ve üreme gibi konularda öne geçirerek diğerlerini saf dışı bırakacağını söylemişti. Eğer varyasyon kalıtsal ise bir türün özellikleri zamanla değişecekti. Uzun zaman sonra da büyük değişiklikler görülecekti.

Bir asırdan fazla bir zamandır bilim adamlarının büyük bölümü, neredeyse yaşamın tamamının ya da en azından en ilgi çeken yönlerinin rastgele varyasyonlara bağlı doğal seleksiyonun neticesi olduğunu düşünmektedir. Darwin'in fikri, ispinoz gagalarını ve at toynaklarını, güve renklerini ve böcekleri, ayrıca yaşamın coğrafi ve tarihsel dağılımını açıklamakta kullanılmıştır. Bu teori bazı bilim adamlarınca daha da ileri götürülerek insan davranışlarını anlamada kullanılmıştır: Neden umutsuz insanlar intihar eder, neden gençler evlilik dışı çocuk sahibi olur, zekâ testlerinde neden bazıları diğerlerinden daha başarılıdır, bazı rahipler neden evlilik ve çocuktan vazgeçerler. Evrimci düşüncenin ilgilenmediği hiçbir fikir ve organ yoktur.

Darwin teorisinin ortaya atılmasından neredeyse bir buçuk asır sonra, evrimci biyoloji, etrafta gördüğümüz yaşam şekillerini izah etmek için geniş açıklamalar yapmıştır. Çoğuna göre de zafer kazanmıştır. Ancak yaşamın gerçek çalışması bütün bir canlı ya da organ seviyesinde seyretmez. Yaşayan varlıkların en önemli bölümleri görülemeyecek kadar küçüktür. Hayat detaylarda yaşanır ve hayatın detaylarını belirleyen moleküllerdir. Darwin'in fikirleri at toynaklarını açıklamak isteyebilir, ancak hayatın temeli hakkında aynı şey söylenebilir mi?

1950'den kısa bir süre sonra bilim, yaşayan organizmaları oluşturan moleküllerin, şekil ve özelliklerini belirleyebilecek noktaya gelmiştir. Giderek daha fazla biyolojik molekülün yapısı yavaş ve titiz bir çalışmayla ortaya çıkarılmıştır. Sayısız deneylerle çalışma yöntemleri belirlenmiştir. Tüm bunların yığınsal ve berrak sonucu da hayatın moleküllerden oluşan makinelere dayandığıdır. Moleküler makineler kargoyu bir yerden başka bir yere yine moleküllerden yapılmış karayolları vasıtasıyla taşımaktadır. Moleküller hücrelerin şeklini korumak için kablo, ip ve makara vazifesi görmektedir. Makineler hücredeki anahtarları açıp kapamakta ve bu da bazen hücrenin kendisini yok etmesine bazen de gelişmesine neden olmaktadır. Güneş enerjisiyle

çalışan makineler fotonların enerjisini yakalamakta ve depolamaktadır. Elektrik makineleri, akımın sinirler boyunca akmasını sağlamaktadır. Üretici makineler hem kendilerini hem de başka makineleri üretebilmektedir. Hücreler makineleri kullanarak yüzmekte, kendilerini çoğaltmakta, besinleri sindirmektedir. Kısacası oldukça gelişmiş moleküler makineler, hücredeki tüm işlemleri kontrol etmektedir. Böylece yaşamın detayları oldukça iyi ayarlanmıştır ve yaşam mekaniği oldukça karmaşıktır.

Yaşamın tamamı Darwin'in evrim teorisine oturtulabilir mi? Popüler medyanın ilginç hikâyeler yayınlamaya meraklı olması ve bazı bilim adamlarının da keşiflerinin nerelere kadar gittiği konusunda spekülasyonlar yaratmaya hevesli olmaları, halk açısından gerçeklerle faraziyeleri ayırt etmesini zorlaştırmaktadır. Gerçek delilller bulmak için bizzat bilim dünyası tarafından basılan yayın ve kitaplar incelenmelidir. Bilimsel literatür, deneyleri ilk elden sunmaktadır ve verilen raporlar da izlenen yolu önemsizleştiren bir hayalciliğe düşmemektedir. Ancak ileride de üzerinde duracağım gibi, eğer evrim hakkında bilimsel literatürü araştırıyorsanız ve araştırmanızı moleküler makinelerin – yaşamın temeli – nasıl geliştiğine odakladıysanız ürkütücü bir sessizlikle karşılaşırsınız. Yaşamın karmaşıklığı karşısında, bilimin onu açıklama girişimleri başarısızlığa uğramıştır. Moleküler makineler, Darwinizm'in evrensel hedefine ulaşmasının önüne geçilmez bir engel oluşturmaktadır. Bunun sebebini ortaya çıkarmak için çok sayıda ilginç moleküler makineden bahsedeceğim. Ardından da bunların rastgele mutasyon/doğal seleksiyon ile açıklanıp açıklanmayacağını sorgulayacağım.

Evrim tartışmalı bir başlıktır ve kitabın başında bazı konulara değinmekte fayda var. Çoğu kimse Darwin'in evrim teorisini sorgulamanın yaratılışçılığı desteklemek anlamına geldiğini düşünmektedir. Genelin anladığı şekilde yaratılışçılık İncil'de de geçtiği üzere var olan her şeyin sadece on bin yıl kadar önce yaratıldığı inancıdır.[4] Ancak

---

[4] Evrenin 10 bin yıl önce yaratıldığı inancı Tevrat ve İncil'i literal (lafzi) olarak yorumlayan Yahudi ve Hıristiyanlar'a ait bir inançtır. Kur'an-ı Kerim'de böyle bir açıklama yoktur. Daha ayrıntılı bilgi için bkz. Maurice Boncaille, ...

benim, fizikçilerin söylediği gibi evrenin milyarlarca yıldır var olduğundan şüphe etmek için hiçbir nedenim yoktur. Ayrıca organizmaların gelişim ve davranışlarını evrimci bir çerçevede araştıran meslektaşlarıma saygım sonsuzdur ve evrimci biyologların dünyayı anlamamıza büyük katkıları olduğunu düşünüyorum. Darwin'in kurduğu mekanizma – varyasyona dayalı doğal seleksiyon – pek çok şeyi açıklayabiliyor olmasına rağmen, onun moleküler yaşamı açıkladığına inanmamaktayım. Ayrıca çok küçük olanlar hakkındaki yeni bilim dalının, daha büyük olanlara bakışımızı değiştirmesinin sürpriz olmayacağı kanaatindeyim.

BİYOLOJİ TARİHİNE KISA BİR BAKIŞ

Hayatımızda her şey yolunda giderken çoğumuz yaşadığımız toplumun "doğal" ve dünya hakkındaki fikirlerimizi, açıkça doğru olduğunu düşünürüz. Başka zaman ve yerlerdeki insanların ne yaptıklarını ya da yaptıkları eylemler hakkında ne düşündüklerini kestirmek oldukça güçtür. Ancak yükseliş dönemlerinde sabit gibi görünen doğrular, dünyadaki en anlamlı eylem gerçekleştiriliyormuşçasına sorgulanmaktadır. Böyle dönemler incelendiğinde güvenilir bilgiye ulaşmanın nihai bir sonuca henüz varamamış uzun ve zor bir süreç olduğu görülmektedir. [Darwin'in evrim teorisi hakkında bir bakış açısı geliştirmek için izleyen birkaç sayfada, kısaca biyoloji tarihinden bahsedeceğim.] Aslına bakılırsa bu tarih bir kara kutular tarihidir: Birini açtığınızda içinden yeni kara kutular çıkmaktadır.

Kara kutu tuhaf bir kavramdır: Bir şeyler yapar ama nasıl yaptığını bilemeyiz. Ya iç yapısı görünmüyordur ya da anlaşılmaktan uzaktır. Bilgisayarlar buna örnek olarak verilebilir. Nasıl çalıştığı hakkında en ufak bir bilgimiz olmadan da yazı yazabilir, grafik çizebilir ya da oyun oynayabiliriz. Kasanın içinde ne olduğu bizim için meçhuldür. Kasayı açsak bile içindeki parçaların ne olduğunu anlayamayabiliriz. Bilgisayarı oluşturan parçalar ile yaptıkları iş arasında basit, gözlemlenebilir bir ilişki yoktur.

Uzun zaman dayanıklı pillere sahip bir bilgisayarın, bin yıl evvel Kral Arthur'un sarayına gittiğini varsayalım. Çalışmakta olan bir bilgisayara o devirde yaşayan insanların göstereceği tepki ne olurdu? Çoğu

korkuyla karışık bir saygı duyacaktır, ancak aralarından birisi onun ne olduğunu anlamaya çalışacaktır. Klavyedeki tuşlara dokununca aynı harfin anında ekranda göründüğü, birileri tarafından fark edilecektir. Komutlara karşılık gelen harf kombinasyonları çeşitli işlemlerin başlamasına yol açarken bir süre sonra komutlar keşfedilmiş olacaktır. Ortaçağ İngilteresi'nde yaşayan dostumuz, bilgisayarın sırlarını açığa çıkardığını düşünecektir. Ancak eninde sonunda birileri kapağı açacak ve bilgisayarın içini görecektir. "Bir bilgisayar nasıl çalışır" hakkında yeni teoriler ortaya çıkacaktır. Yavaş yavaş açılan bir kara kutu aslında bir yenisini açığa çıkarmıştır.

Eski çağlarda biyolojinin tamamı bir kara kutuydu. Zira canlıların nasıl "çalıştıkları" hakkında en üst seviye bilgi bile, o dönemin insanları için anlaşılmaktan uzaktı. Bir bitki ya da hayvana şaşkınlıkla bakan ve nasıl işlev gördüğünü merak eden eskiçağ insanları teknolojinin bugünkü gibi olmadığı bir dönemde, yaşıyorlardı.

En eski biyolojik araştırmalar çıplak gözle yapılandan başkası değildir.[5] M Ö 400'lü yıllardan kalma bazı kitaplar ("tıbbın babası" Hipokrat'a atfedilir) bazı salgın hastalık belirtilerini inceleyerek bunların "Allah'ın işi" olmaktan ziyade yeme-içme şekli ya da psikolojik sebeplere bağlı olduğunu yazmaktadır. Bu yazılar sadece başlangıç olsa da eskiçağ insanı canlı varlıkların nasıl oluştuğunu açıklayamıyorlardı. Her şeyin dört elementten meydana geldiğine inanıyorlardı: toprak, hava, ateş ve su. Canlıların dört "tabiatı" olduğu düşünülmekteydi: kan, sarı öd, siyah öd ve balgam. Bütün hastalıkların da bu dört tabiattan birinin fazlalaşması sonucunda ortaya çıktığı sanılmaktaydı.

Yunanlıların en büyük biyologları, aynı zamanda onların en büyük filozofları olan Aristo'dur. Hipokrat'a hala hayatta olduğu bir zamanda doğan Aristo (kendisinden önce yaşayan hemen herkesten farklı olarak) doğayı tanımak için sistematik bir gözlem yapmak gerektiğini fark etmiştir. Dikkatli bir inceleme sayesinde önemli bir adım

---

[5] Burada sunulan tarihsel özet için kullanılan başlıca kaynak: Singer, C. (1959) *A History of Biology*, Abelard-Schuman, London. Ayrıca Taylor, G. R. (1963) *The Science of Life*, McGraw-Hill, New York ve Magner, L. N. (1979) *A History of the Life Sciences*, Marcel Dekker, New York.

atmış ve canlı bütün varlıklar arasında hayret verici bir düzen olduğunu keşfetmiştir. Hayvanları kanlılar ve kansızlar olarak iki genel kategoriye ayırmıştır ki bu, modern sınıflandırmadaki omurgalılar ve omurgasızlar ayrımına oldukça yakındır. Omurgahları da memeliler, kuşlar ve balıklar olarak ayırmıştır. Çoğu amfibi ile sürüngenleri aynı grup altında toplamış ve yılanları ayrı bir kategoriye koymuştur. Gözlemlerinde herhangi bir alet kullanmamış olmasına rağmen Aristo'nun düşünceleri, üzerinden geçen onca zamana karşı hala yankılanmaktadır.

Aristo'dan sonraki bin yıllık dönemde biyoloji alanında çok az bir gelişme görülmüştür. Bunlardan birisi MS 2. yüzyılda Roma'da yaşayan bir fizikçi olan Galen'dir. Galen'in çalışmaları dış dünyanın dikkatli bir biçimde gözlenmesinin ve bitki ile hayvanların kesilerek incelenmesinin gerekli olmasına rağmen, biyolojinin kavranması için yeterli olmadığını göstermiştir. Örneğin Galen hayvan organlarının işlevini anlamaya çalışmıştır. Kalbin kan pompaladığını bilmesine rağmen sadece gözlemlerinden yola çıkarak kanın dolaştığını ve kalbe geri döndüğünü anlayamamıştır. Galen kanın pompalanarak dokuları temizlediğini ve kalbi beslemek için sürekli yeni kan üretildiğini düşünmekteydi. Onun bu fikri yaklaşık on beş asır boyunca öğretilmeye devam etmiştir.

William Harvey adında bir İngiliz'in, kanın tam bir çevrim yapacak şekilde bir yönde sürekli aktığı ve kalbe geri döndüğü teorisini geliştirmesi ancak on yedinci yüzyılda olmuştur. Harvey kalbin her atışta 2 v kan pompaladığını, dakikada 72 atış yaptığını ve böylelikle saatte 540 v – yaklaşık olarak insan ağırlığının üç misli – kan pompaladığını hesaplamıştır. Bu kadar kısa sürede bu miktarda kan üretmenin imkansızlığı açıktır; vücudu dolaşan kan yeniden kullanılmaktadır. Harvey'in gözlemlenemeyen bir faaliyete (hesaplamayı kolaylaştıran ve Araplar tarafından bulunan sayı sisteminin de yardımıyla) getirdiği mantıklı açıklama emsalsizdi. Bu, modern biyoloji düşüncesinde yeni bir aşamaydı.

Orta Çağlarda bilimsel araştırmalar hız kazanmıştır. Aristo'nun ortaya koyduğu örnek giderek daha çok sayıda doğa bilimci tarafından izlenmiştir. Çok sayıda, bitki ilk dönem botanik bilimcileri olan

Brunfels, Bock, Fuchs ve Valerius Cordus tarafından tanımlanmıştır. Rondelet'in hayvan yaşamını detaylarıyla çizmesinin ardından bilimsel tasvir gelişim göstermiştir. Conrad Gesner gibi ansiklopedi yazarları tüm biyoloji bilgisini özetleyen kalın ciltler yazmışlardır. Linnaeus, Aristo'nun sınıflandırma çalışmasını genişleterek sınıf, çeşit, cins ve tür kavramlarını getirmiştir. Karşılaştırmalı biyoloji çalışmaları hayatın ayrı dalları arasındaki pek çok benzerliği ortaya koymuş ve ortak ata fikri tartışılmaya başlanmıştır.

Bilim adamlarının Aristo'nun dikkatli gözlem ve Harvey'in mantıklı açıklama örneklerini birleştirmesiyle biyoloji bilimi on yedi ve on sekizinci yüzyıllarda hızlı bir gelişim göstermiştir. Yine de çok titiz bir gözlem ve en zeki açıklama bile sistemin önemli bölümlerinin görünmez olduğu durumlarda sizi ancak belli bir yere kadar götürür. İnsan gözü milimetrenin onda birini dahi seçebiliyor olsa da yaşamdaki pek çok faaliyet mikro seviyede, Liliput seviyesinde gerçekleşmektedir. Yani biyoloji bir platoya ulaşmıştır: Organizmaların kaba yapısı olan bir kara kutu sadece yaşamın daha ince seviyesi olan yeni bir kara kutuyu ortaya çıkarmak için açılmıştır. Daha ileri gitmek için biyolojinin bir dizi teknolojik yeniliğe ihtiyacı vardı. Bu yeniliklerden ilki mikroskoptur.

KARA KUTU İÇİNDE KARA KUTULAR

Mercekler eski çağlardan beri bilinmekteydi ve on beşinci yüzyılda gözlüklerde kullanımı oldukça yaygınlaşmıştı. Ancak içbükey ve dışbükey merceklerin ilkel mikroskobu oluşturacak şekilde bir tüpün içine yerleştirilmesi için on yedinci yüzyılın beklenmesi gerekecekti. Bu aleti ilk kullananlardan olan Galileo, böceklerin birleşik gözlerini keşfedince hayrete kapılmıştı. Stelluti bu aygıtı kullanarak arıların ve buğday bitlerinin göz, dil, anten ve diğer parçalarını inceledi. Malpighi, kanın kılcal damarlarda dolaştığını doğruladı ve bir piliç kalbinin embrionik dönemdeki gelişimine açıklık getirdi. Nehemiah Grew bitkileri araştırırken Swammerdam mayıs sineğini keserek inceledi. Antonie von Leeuwenhoek Leeuwenhoek bir bakteri hücresini ilk gören kişidir. Robert Hooke ise mantar ve yapraklardaki hücre yapılarını (her ne kadar önemlerini fark etmese de) açıklamıştır.

Bu Liliput dünyasının beklenmeyen keşfiyle birlikte canlılar hakkındaki tüm yerleşik kanaatler tartışılmaya başlandı. Bilim tarihçisi olan Charles Singer şuna dikkat çeker: "Böylece açıklanan canlı varlıkların sonsuz karmaşıklığı, Galileo'nun astronomi konusunda hâkim düşünceyi yıkması gibi bir olaydı. Ancak ikincisi çok daha uzun sürmüştü." Başka bir deyişle bazen yeni kutular tüm teorilerimizi gözden geçirmeyi gerektirebilir. Böyle durumlarda büyük bir isteksizlik de söz konusu olabilir.

Yaşamla ilgili olarak hücre teorisi nihayet 19. yüzyılın başlarında Matthias Schleiden ve Theodor Schwann tarafından ortaya konulmuş oldu. Schleiden daha çok bitki dokuları üzerinde çalışmıştır ve tüm hücrelerdeki kara bir noktanın (çekirdek) önemini gündeme getirmiştir. Schwann ise hücrelerin görülmesinin daha zor olduğu hayvan dokularına ağırlık vermiştir. Yine de hayvan ve bitki hücrelerinin çok benzediklerini fark etmiştir. Schwann hücrelerin ya da salgılarının hayvan ve bitkilerin bütün bedenini oluşturduğu ve hücrelerin de kendi yaşamları ile bağımsız bir varlık olarak ele alınabileceği sonucuna varmıştır. Şunu not olarak düşmüştür: "Organize edilmiş bedenlerin temel gücü hakkındaki soru bağımsız varlıklar olarak hücreler incelendiğinde cevap bulmaktadır." Schleiden şu soruyu gündeme getirmiştir: "Esas sorun bu küçük kendine has organizmaların, hücrelerin kökeni nedir?"

Schleiden ve Schwann, Darwin'in seyahat ettiği ve "*Türlerin Kökeni*" kitabını yazdığı 1800'lü yılların başı ve ortasında yaşamışlardır. Dönemin tüm bilim adamları gibi Darwin için de hücre bir kara kutuydu. Yine de hücrenin üst seviyelerine kadar bazı açıklamalar yapabilmiştir. Yaşamın evrimleştiği fikri Darwin'e ait yeni bir düşünce değildi. Ancak Darwin bu fikri sistematik hale getirmiştir. Ayrıca evrimin rastgele varyasyona dayalı doğal seleksiyon sonucunda ortaya çıktığı fikri kendisine aittir.

Bu arada hücrenin kara kutusu keşfedilmeye devam ediliyordu. Hücre araştırmaları, ışık dalga boyuna göre ayarlanmış mikroskoplar seviyesinde sınıra ulaşmıştı. Fiziksel nedenlerden ötürü bir mikroskop, aydınlatma ışığının dalga boyunun yarısından daha küçük mesafeleri çözümleyemiyordu. Görünen ışığın dalga boyu bir bakteri hücresinin

çapının yaklaşık olarak onda biri olduğu için önemli ayrıntıları görmek mümkün olmuyordu. Hücrenin kara kutusunu açmak için teknolojik gelişmeleri beklemek gerekecekti.

19. yüzyılın sonlarında fiziğin hızlı gelişimiyle birlikte J. J. Thomson elektronu keşfetti. Aradan yaklaşık on yıl geçtikten sonra da elektron mikroskobu icat edilecekti. Elektronun dalga boyu, görünen ışığın dalga boyundan küçük olduğu için elektronla "aydınlatılan" cisimler çok daha ayrıntılı görülebilecekti. Elektron mikroskobunun bir dizi uygulama zorluğu vardı. Bunlardan birisi de elektron ışınlarının salınmasıydı. Ancak bu gibi sorunlar da halledildi ve II. Dünya Savaşı'nın ardından elektron mikroskobu ortaya çıkmış oldu. Yeni hücre içi yapılar keşfedildi: Çekirdekteki delikler ve mitokondri'nin (hücrenin enerji kaynağı) etrafındaki çift zar. Işık mikroskobu altında görülen hücre çok basitti; şimdi ise daha fazla detay gözler önündeydi. Bu heyecan verici deneyim daha önce de böceklerin ayrıntılı yapısını gösteren ilk ışık mikroskobuyla yaşanmıştı. Şimdi de hücrenin karmaşık yapısını gören 20. yüzyıl bilim adamları bir heyecan yaşamaktalardı.

Bu seviyedeki keşifler biyologların kara kutuya daha geniş bir yaklaşım göstermelerine imkân tanıdı. Yaşamın nasıl akıp gittiği sorusu Darwin ya da çağdaşlarının cevaplayamadığı bir soruydu. Gözün görmeye yaradığını biliyorlar, ancak görme işlevinin nasıl gerçekleştiğini açıklayamıyorlardı. Kan nasıl pıhtılaşıyordu? Vücut hastalıklarla nasıl mücadele ediyordu? Elektron mikroskobunun gösterdiği karmaşık yapıların bizzat kendileri karmaşık bileşenlerden oluşmaktaydı. Bu bileşenler nelerdi? Neye benziyorlardı? Nasıl çalışıyorlardı? Bu sorulara verilecek cevaplar bizi biyolojinin alanından çıkarıp kimyanın alanına sokacaktır. Ayrıca 19. yüzyıla dönmek durumundayız.

YAŞAMIN KİMYASI

Herkesin rahatlıkla görebileceği gibi canlı varlıklar cansızlardan farklı bir görünüme sahiptir. Hareketleri farklıdır. Ayrıca hisleri de farklıdır. Hayvan derisi ve tüyleri ile kaya ve toz rahatlıkla ayırt edilebilir. 19. yüzyıla kadar insanların çoğu, doğal olarak, canlı varlıkları oluşturan maddenin cansızları oluşturan maddelerden farklı özel bir

şey olduğunu düşünüyordu. Ancak 1828'de Friedrich Wöhler amonyum siyanatı ısıtarak, bir biyolojik artık olan üreyi elde etmiş ve çok heyecanlanmıştı. Cansız materyallerden ürenin elde edilmesi canlılar ile cansızlar arasındaki kolaycı ayrımı ortadan kaldırmıştı. Bu olayın ardından bir inorganik kimya uzmanı olan Justus von Liebig biyokimya çalışmalarına başlamıştır. Liebig vücut ısısının doğuştan gelen sıradan bir özellik olmaktan ziyade yenilen besinlerin yakılmasıyla ortaya çıktığını göstermiştir. Başarılı çalışmaların ardından metabolizma fikrini şekillendirmiştir. Buna göre vücut kimyasal işlemler vasıtasıyla bileşenleri oluşturup parçalamaktaydı. Ernst Hoppe-Seyler kandaki kırmızı maddeyi (hemoglobin) kristalize etmiş ve bu maddenin oksijenle birleşerek oksijeni tüm vücuda taşıdığını göstermiştir. Emil Fischer sadece 20 çeşit yapı taşının (amino asit) zincirler halinde biraraya gelerek çok sayıda farklı proteini oluşturduğunu ortaya koymuştur.

Proteinler neye benziyordu? Emil Fischer proteinlerin amino asitlerden oluştuğunu göstermiş olsa da yapıları hakkında ayrıntılı bir bilgiye ulaşılamamıştı. Ebatları elektron mikroskobu için bile çok küçüktü. Ancak proteinler yaşamın temel makineleriydi: Kimyasal tepkimeleri katalizliyorlar ve hücrenin bileşenlerini oluşturuyorlardı. Artık protein yapısını incelemek için yeni bir teknik gerekiyordu.

20. yüzyılın ilk bölümünde küçük moleküllerin yapısını incelemek için x-ışını kristalografi yöntemi kullanılmıştır. Bu teknikte x-ışınları bir kimyasalın kristali üzerine düşürülür. Işınlar, kırılma adı verilen bir işlemle dağıtılır. Kristalin arkasına bir fotoğraf filmi koyulursa, kırılan x-ışınları film üzerinde iz bırakacaktır. Bu film karmaşık matematik işlemleriyle birlikte incelenirse kırılan ışınların izlediği yollar moleküldeki her bir atomun yerini belirleyebilir. Bu "ışın silahı"nın namlusu proteinlere yöneltilirse onların yapıları hakkında bir fikir edinilebilirdi. Ancak büyük bir sorun vardı; moleküldeki atomların sayısı arttıkça yapılacak matematik işlemlerin sayısı da artıyordu. Ayrıca maddeyi kristalleştirmek de zorlaşıyordu. Kristalografi yöntemiyle incelenen diğer moleküllere nazaran proteinlerin atom sayısı oldukça fazlaydı ve bu fazlalık problemin zorluğuna da aynı oranda

etki ediyordu. Ancak bu hesaplamalara vakit ayıracak birileri de yok değildi.

Uzun yıllar süren çalışmaların ardından 1958'de J. C. Kendrew; x-ışını kristalografi yöntemi ile protein miyoglobinin yapısını belirledi. Nihayet yaşamın temel taşlarından birisinin detaylı yapısı ortaya çıkarılmıştı. Ancak görülen neydi? Bir kez daha; daha fazla kompleksIik. Miyoglobinin yapısı belirlenmeden önce proteinlerin tuz kristalleri gibi basit yapıda olduğu kabul edilmişti. Miyoglobinin kıvrımlı, karmaşık, bağırsağa benzer yapısını gözlemleyen Max Perultz, "nihai gerçeği bulma çabaları iğrenç ve iç organa benzeyen bir nesneyi mi ortaya çıkardı?" sözleriyle hayal kırıklığına uğradığını belirtmiştir. Ancak daha sonraları biyokimyacılar proteinin karışık yapısını sevmeye başladılar. Bilgisayar başta olmak üzere yaşanan teknolojik gelişmeler, Kendrew'in yaşadığı döneme kıyasla kristalografiyi, yine de büyük çaba gerektirmesine rağmen, çok daha kolay bir hale getirmiştir.

Kendrew'in protein ve Watson ile Crick'in DNA üzerinde yaptığı x-ışını çalışmalarını sonucunda, biyokimyacılar ilk kez üzerinde çalıştıkları moleküllerin neye benzediğini öğrenmiş oldular. Bu tarih daha sonra çok hızlı bir tempoda ilerleyen modern biyokimyanın başlangıcı olarak kabul edilebilir. Ayrıca fizik ve kimya alanında da gelişmeler yaşanmış ve bu da yaşam üzerine yapılan araştırmalarda güçlü bir sinerji yaratmıştır.

X-ışını kristalografi yöntemi, canlı varlıkların tüm moleküllerinin yapısını teorik olarak belirleyebilse de uygulamada karşılaşılan sorunlar onun kullanım alanını az sayıdaki protein ve nükleik aside hapsetmiştir. Yine de kristalografiyi tamamlayacak ve destekleyecek yeni teknikler baş döndürücü bir hızla gelişmiştir. Yapı tespitinde önemli olan tekniklerden birisi, nükleer manyetik rezonans (NMR) adını taşımaktadır. Bu teknikle moleküller sıkıcı kristalleştirme işlemine gerek kalmadan bir çözelti içinde incelenebilir. X-ışını kristalografisi gibi, NMR de protein ve nükleik asitlerin gerçek yapısını belirleyebilir. Yine kristalografi yöntemine benzer şekilde NMR'nin de uygulanabildiği proteinler sınırlı sayıdadır. Ancak, NMR ve x-ışını kristalografi teknikleri biraraya getirildiğinde, bilim adamları proteinlerin yapısı

hakkında yeterli bilgi edinebilirler. Bu da onların neye benzediği konusunda detaylı bir bilgi verecektir.

Leeuwenhoek, küçük bir pire üzerindeki küçük bir akarı incelemek için bir mikroskop kullandığında, bundan ilham alan Jonathan Swift, giderek daha küçük böcekler bulma beklentisi içinde şu kısa şiiri yazmıştır:

Ve doğa bilimci bir pireyi gözlemliyor
Ki üzerinde daha küçük pireler var
Onların üzerinde de daha küçükleri
Ve bu sonsuz bir süreç.

Ancak Swift yanılıyordu, zira bu sonsuz bir süreç değildi. 20. yüzyılın sonlarına doğru araştırmalarımız oldukça hızlanmıştır ve artık kara görünmüştür. Son kara kutu hücre idi ve doğanın temeli olan molekülleri ortaya çıkarmak için açılmıştı. Daha alt seviyeye gidemeyiz. Ayrıca enzimler, diğer proteinler ve nükleik asitler üzerine hâlihazırda yapılmış olan çalışmalar, hayatın temel seviyesindeki ilkeleri aydınlatmıştır. Hala bilinmeyen pek çok detay vardır; sürprizlere de hazır olmalıyız. Ancak, bir balık, bir kalp ya da bir hücreye bakan ve ne olduğunu, nasıl çalıştığını merak eden geçmiş bilim adamlarından farklı olarak modern bilim adamları yaşamın temelini açıklamak için protein ve diğer moleküllerin faaliyetlerinin yeterli olduğundan emindirler. Aristo'dan modern biyokimyaya, (Darwin'in kara kutusu olan) hücreye gelinceye kadar kutular açılmaya devam etmiştir.

KÜÇÜK SIÇRAMALAR, BÜYÜK SIÇRAMALAR

Sizin arazinizi komşunuzunkinden ayıran ve her iki yönde göz alabildiğine giden 4 feet'lik bir hendek olduğunu düşünün. Bir gün komşunuzu sizin arazinizin üzerinde gördüğünüz ve nasıl geldiğini sorduğunuzda "zıpladım" yanıtını alırsanız, bu cevaptan şüphelenmek için fazla bir nedeniniz yoktur. Eğer hendek 2.5 metre genişliğinde olsaydı ve siz aynı cevabı almış olsaydınız komşunuzun atletik yeteneği karşısında sadece hayran kalırdınız. Ancak hendek 4.5 metre olsaydı ve siz şüphelenip komşunuzun sizin görebileceğiniz şekilde zıplamasını isteseydiniz ve o da bunu dizlerinin burkulduğu bahanesiyle reddetseydi şüphelenmekte haklı olabilirdiniz. Fakat yine de size doğruyu

söylemediğinden emin olamazdınız. Eğer hendek 30 metre gerçek bir kanyon olsaydı, komşunuz büyük ihtimalle yalan söylüyor olacaktı.

Ancak, zeki bir adam olan komşunuzun iddiasını kanıtladığını düşünün. Karşıdan karşıya tek bir zıplamayla değil de aralarındaki mesafeler 3 metreyi geçmeyen tepeciklerden zıplayarak geçtiğini söylemektedir. Sizin arazinize gelmek için her seferinde üzerinde bulunduğu tepeciğe en yakın olanına zıplamıştır. Kanyona baktığınızda herhangi bir tepecik görmemektesiniz; sadece sizin arazinizi komşunuzunkinden ayıran geniş bir yarık vardır. Ancak komşunuz da buraya gelmesinin yıllar aldığını söylemektedir. Bu zaman zarfında tepecikler oluşmuş ve hemen sonra kanyonun içinde dağılarak kaybolmuştur. Oldukça şüphelendiğiniz halde, yalan söylediğini ispatlamanın bir yolu olmadığı için konuyu geciştirerek, beyzbola getirirsiniz.

Bu küçük hikâye derslerle doludur. İlki, "sıçrayış" kelimesi bir insanın bir engeli nasıl aştığının açıklaması olarak kullanılabilir. Ancak açıklama tamamen inandırıcı olduğu gibi mesafenin büyüklüğü gibi ayrıntılara bağlı olarak şüphe çekici şekilde yetersiz kalabilir. İkincisi, uzun yolculuklar tek bir büyük zıplamadan ziyade bir dizi küçük sıçrayışlar şeklinde açıklanırsa daha inandırıcı olur. Üçüncüsü, bu tür küçük zıplamaların olduğuna dair bir kanıt yoksa, geçmişte var olan sıçrama taşlarının artık olmadığını iddia eden birinin doğru ya da yalan söylediğini ispatlamak çok zordur.

Kanyonlara karşın dar hendeklerden sıçramayı anlatan bu hikâye doğal olarak evrime de uygulanabilir. Evrim kelimesi organizmalardaki büyük değişimler kadar küçük değişimleri açıklamak için de kullanılabilir. Bu ikisinin isimlendirmesi de farklıdır. Küçük, bir ya da birkaç sıçrama mikro evrim olarak adlandırılırken, büyük sıçramalar gerektiren değişimler de makro evrim olarak adlandırılır.

Darwin'in, doğada nispeten küçük değişimlerin varyasyonla olabileceğine ilişkin tezleri kavram açısından büyük bir gelişmeydi. Böyle değişimlerin gözlenmesi, çeşitlenme öngörülerini önemli ölçüde tatmin eden doğrulamalara neden oluyordu. Darwin, Galapagos Adaları'nda birbirine benzeyen ancak aynı olmayan ispinoz türleri görmüş fakat yanılarak bunların atalarının ortak olduğu teorisini ortaya atmıştı. Bir süre evvel Princeton'dan bazı bilim adamları birkaç yıl içerisinde ispi-

noz popülasyonlarının ortalama gaga farklı olduğunu gözlemişlerdir.[6] Daha evvel de ortamın kirlilikten temizliğe doğru gitmesiyle açık renkli güvelerin koyudan sayıca çoğaldığı gösterilmiştir. Aynı şekilde, Avrupalı yerleşimcilerin Kuzey Amerika'ya tanıttığı kuşlar çok sayıda farklı gruba ayrılmıştır. Son yıllarda moleküler bir ölçekte çeşitlenme hakkında delil elde etmek de mümkün olabilmiştir. Örneğin, AIDS gibi hastalıklara neden olan virüsler insanın bağışıklık sisteminden korunabilmek için kabuk değiştirebilmektedirler. Hastalıklara neden olan bakteriler, antibiyotiklere karşı korunabilmek için şartlara göre şekil değiştirmektedirler. Bununla ilgili pek çok örnek verilebilir.

Darwin'in teorisi başlangıçta bir atletin 1.5 metrelik bir hendeği atlayabileceği iddiasından daha fazla tartışmalı değildi. Ancak büyük aşamalar gerektiren makro evrim seviyesinde bu teori şüphe uyandırmaktadır. Darwin'i izleyen pek çok kişi, büyük değişiklikleri, geniş bir zaman aralığında gerçekleşen makul, küçük adımlara bölmeye çalışmıştır. Ancak bunu destekleyecek inandırıcı delilller görülmemektedir. Yine de kanyonda görünüp kaybolan küçük tepeciklerden bahseden komşu örneğinde olduğu gibi böyle anlaşılması zor, düzgün tarif edilmemiş küçük adımların varlığını değerlendirmek – şu ana kadar – mümkün olmamıştır.

Modern biyokimyanın gelişmesiyle birlikte yaşamın en alt seviyelerini inceleyebilmekteyiz. İddia edilen devasa evrimsel değişimler için gereken farazi küçük adımların yeterince küçük olup olmadığını değerlendirebilecek kadar bilgiye sahibiz. Bu kitapta, günlük yaşam formlarını birbirinden ayıran kanyonları ve bunlara karşılık mikroskobik bir ölçekte biyolojik sistemleri ayıran kanyonları göreceksiniz. Bir motifin giderek daha küçük boyutlarda kendini tekrar ettiği matematiksel fraktal sistemleri gibi, yaşamın da en küçük seviyesinde bile aşılmaz uçurumlar içerdiği ortaya çıkmaktadır.

---

[6] Weiner, J. (1994) *The Beak of the Finch*, Vintage Books, New York.

BİR DİZİ GÖZ

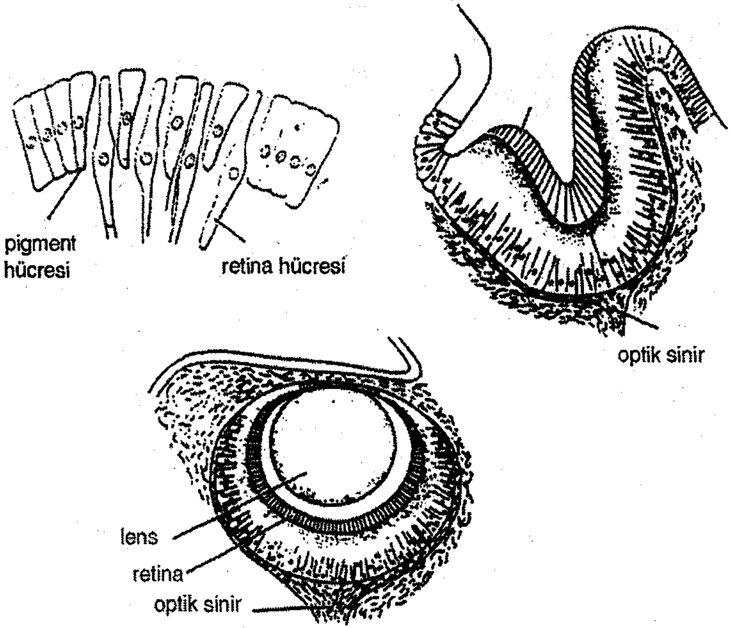
Biyokimya Darwin'in teorisini aşılamaz bir dayamıştır. Bunu yapmak için son kara kutu olan hücreyi açmış ve böylece yaşamın nasıl işlediğini anlamamıza imkân tanımıştır. Hücrenin içindeki "bütün bunlar nasıl gelişti?" sorusunu akla getiren organik yapıların karmaşıklığı olağanüstüdür. Sorunun zorluğunu hissetmek – ve bizim için ne sakladığını görmek için – bir biyokimyasal sistemi örnek olarak ele alalım. Bir işlevin kökeni hakkında yapılacak bir tanımlama, çağdaş bilime ayak uydurmalıdır. Şimdi görme işlevine bilimin getirdiği açıklamanın 19. yüzyıldan bu yana nasıl geliştiğine bakalım. Arkasından bunun görmenin kökeninin açıklamaya nasıl etki ettiğini inceleyelim.

19. yüzyılda gözün anatomisi ayrıntılarıyla biliniyordu. Bilim adamları, göz bebeğinin gerek parlak güneş ışığı altında gerekse gece karanlığında yeterince ışık almak için bir panjur gibi hareket ettiğini bilmekteydiler. Göz mercekleri keskin bir görüntü oluşturmak için ışığı toplayıp retina üzerine düşürürler. Göz kasları hızlı harekete imkân sağlar. Farklı dalga boyları ve farklı renkteki ışıklar bulanık bir görüntü oluşturur. Ancak göz kasları yüzeydeki yoğunluğu değiştirerek renk hatalarını düzeltir. Bu ileri düzey metotlar, ilgilenen herkesi hayrete düşürmektedir. 19. yüzyılda bilim adamları bir insanın gözlerinden birinin işlevlerinin çoğunu kaybetmesi durumunda, sonucun ileri düzey görme kaybı ya da körlük olacağını bilmekteydiler. Gözün ancak sağlam olması durumunda işlevlerini yerine getireceği sonucuna varmışlardı.

Charles Darwin de göz hakkında bilgiye sahipti. *Türlerin Kökeni* adlı kitabında evrim hakkındaki fikirlerine yönelik eleştirilere doğal seleksiyon ile cevap vermeye çalışmıştır. Kitabın konuya uygun isim taşıyan "Çok Mükemmel ve Karmaşık Organlar" bölümünde, göz problemini tartışmaya açmıştır. Darwin'e göre evrim kompleks bir organı bir ya da birkaç adımda oluşturamazdı, sözde, göz gibi radikal yenilikler, kademeli bir süreç içerisinde nesillerin faydalı değişiklikleri yığınsal olarak toplamasıyla ortaya çıkabilirdi. Göz kadar karmaşık bir organın bir nesilde birdenbire ortaya çıktığı görülürse bu durumun ancak bir mucize olarak açıklanabileceğini fark etmişti. Ne yazık ki insan gözünün aşamalı olarak gelişimi imkânsız görünmektedir, zira

çok üst düzey özellikleri birbirine son derece bağlıdır. Darwin evrimin inandırıcı olması için, kompleks organların adım adım oluşabileceğine insanları bir şekilde ikna etmeliydi.

Darwin bu konuda pek başarılı olmamıştır.. Evrimin, gözü oluştururken izleyebileceği bir yol bulmaya çalışmamıştır. Daha ziyade farklı gözlere (basitten karmaşığa çeşitlenen) sahip modern hayvanlara dikkat çekmiş ve insan gözünün evrim sırasında ara türlerin organlarına benzer şekiller alabileceğini ileri sürmüştür (Şekil 1-1).



Şekil 1-1: Bir dizi göz. (Solda) Denizanasında olduğu gibi fotoreseptörler. (Sağda) Midyelerin içe bastırılmış gözü. (Aşağıda) Salyangozun mercekli gözü.

Meseleyi başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, insan gözü karmaşık kameralara benzese de hayvanların çoğunun gözü bu kadar gelişmiş değildir. Bazı küçük yaratıkların basit bir pigment hücre

grubu dışında ışığı hissedecek organları yoktur. Bu basit düzenlemenin görmeyi sağladığını söylemek zordur, ancak aydınlık ve karanlığı hissedebilmekte ve sahibinin ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bazı denizyıldızlarının ışığa duyarlı organları biraz daha gelişmiştir. Gözleri bastırılmış bir bölgededir. Baskı bloklarının eğriselliğinden dolayı, bazı yönlerden gelen ışık kesilebilmekte ve hayvan bu sayede ışığın yönü tespit edebilmektedir. Eğriler belirginleştikçe gözün yön duyarlığı artmakta ancak daha fazla eğri daha az ışık, dolayısıyla ışık duyarlığı anlamına gelmektedir. Oyuklara mercek vazifesi görecek jelâtinimsi bir madde konulması duyarlığı artırabilir ki, bazı modern hayvanların gözlerinde böyle kaba mercekler mevcuttur. Merceklerdeki tedrici gelişim hayvanın ihtiyaçlarını karşılamak için giderek daha keskin görüntüler sağlamaktadır.

Böyle bir açıklama ile Darwin, okuyucularının büyük bir bölümünü ışığa duyarlı basit bir beneğin bir evrim süreciyle kamera kadar gelişkin insan gözüne dönüşebileceğine ikna etmeye çalıştı. Ancak görmenin nasıl başladığı sorusu cevapsız kalmayı sürdürdü. Darwin dünyanın büyük bölümünü modern bir gözün basit bir yapıdan evrimleşerek oluştuğuna inandırmaya çalıştı, ancak bu olayın başlangıç noktasını – basit, ışığa duyarlı benek – açıklamak için çaba bile harcamadı. Bu soruyu gündemden uzaklaştırdı: "Bir sinirin nasıl ışığa duyarlı hale geldiği bizi hayatın kendisinin nasıl başladığından daha çok ilgilendiriyor."[7]

Soruyu önemsizleştirmek için iyi nedenleri vardı; 19. yüzyıl bilimi bu soruya cevap aramaktan tamamıyla uzaktı. Gözün nasıl çalıştığı, yani bir fotonun retinanın üzerine düşünce ne olduğu, o dönemde açığa kavuşturulabilecek bir olay değildi. Aynı sebepten yaşamı meydana getiren diğer mekanizmalar da incelemeye alınmamıştı. Hayvanlar kaslarını nasıl hareket ettirir, fotosentez nasıl işler, besinlerden nasıl enerji elde edilir, vücut hastalıkla nasıl savaşır... Bunlar henüz cevaplanabilmiş sorular değildi.

---

[7] X C. (1872) *Origin of Species*, 6th ed. (1988) New York University Pres, New York.

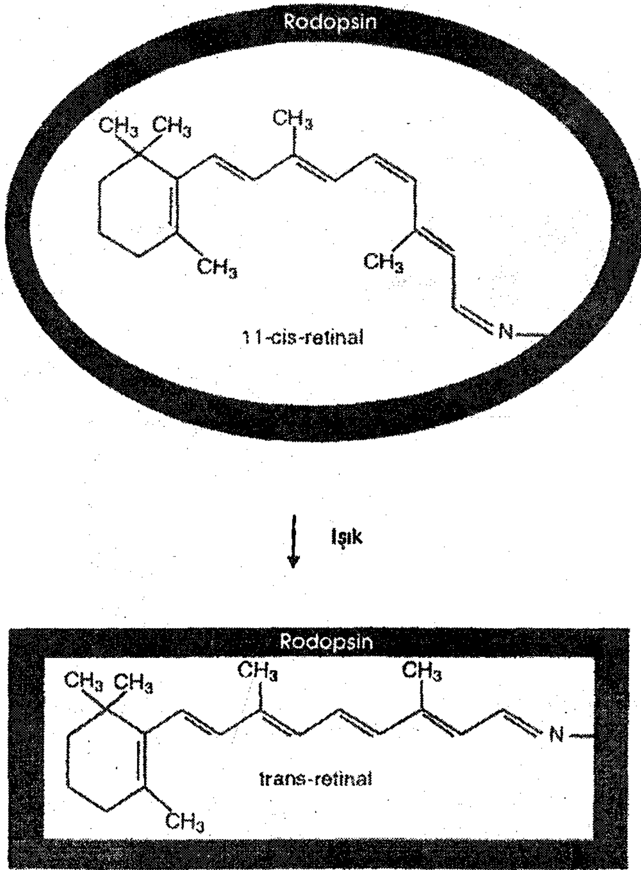
BİYOKİMYANIN GÖRMESİ

Darwin'e göre görme bir kara kutuydu, ancak çok sayıda biyokimyacının çalışmaları birleştirildiğinde şu anda işlemin nasıl gerçekleştiğinin cevabına yaklaşmaktayız.[8] Bundan sonraki beş paragrafta gözün yaptığı işlemlerin biyokimyasal bir taslağı çıkartılacaktır. Bu teknik konuları içeren paragraflar ❑ işaretiyle başlayıp bitecektir. Bileşenlerin tuhaf isimleri sizi okumaktan vazgeçirmemeli. Sadece etiket olduklarını düşünün. Bu isimler bir araba kılavuzunu ilk kez okuyan birisi için karbüratör ya da diferansiyel kelimelerinin oluşturduğundan fazla zorluk çıkarmamaktadır. Daha fazla ayrıntı isteyen okuyucular pek çok biyokimya kitabında istediklerini bulabilirler. Daha basit konularla ilerlemek isteyen diğerleri de Şekil 1-2 ve Şekil 1-3'e bakarak konunun ana fikri hakkında bilgi edinebilirler.

❑ Işık retinaya ilk kez düştüğünde bir foton 11-Cis-retinal adı verilen bir molekülle etkileşime girer. Bu molekül piko saniyeler (ışık bir piko saniyede yaklaşık olarak insan saçının genişliği kadar yol alır) içerisinde trans-retinali yeniden düzenler. Retinal molekülün şekil değiştirmesi sıkıca bağlı olduğu rodopsin molekülünü de şekil değiştirmeye zorlar. Proteinin şekil değiştirmesi de onun davranışını değiştirir. Metarodposin II olarak adlandırılan bu protein transdusin adı verilen başka bir proteine yapışır. Bu protein metarodopsin II'ye bağlanmadan önce GDP adı verilen küçük bir moleküle sıkıca bağlıdır ancak transdüsinin metarodopsin II ile etkileşime geçmesi sonucu GDP bozularak (yine transdusine bağlı olan) GTP'ye dönüşür. (GTP ile GDP arasında yakın bir ilişki vardır ancak farklılıkları da önemlidir.)

---

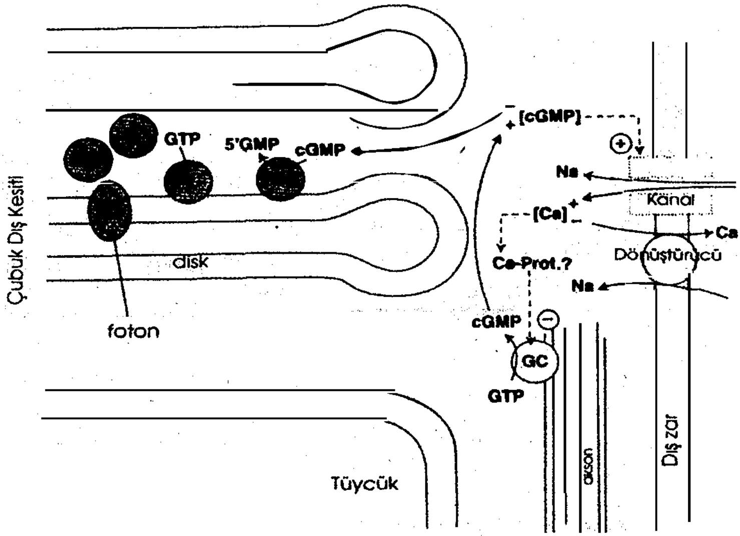
[8] Görmenin biyokimyası için bkz: Devlin, T. M. (1992) *Textbook of Biochemistry*, Wiley-Liss, New York, s. 938-954.



Şekil 1-2: Görmede ilk adım. Bir ışık fotonu retina adındaki küçük bir organik molekülün şeklinin değişmesine sebep olur. Bu da kendisine bağlı ve çok daha büyük bir protein olan rodopsini şekil değiştirmeye zorlar. Şekildeki büyüklükler orijinal ölçekli değildir.

GTP-transdusin-metarodopsin II şimdi hücrenin iç zarındaki fosfodiesteraz proteinine bağlanacaktır. Metarodopsin II ve beraberindekilere eklenen fosfodiesteraz, cGMP (GDP ve GTP'ye yakın bir kimyasal) adı verilen bir molekülü kimyasal olarak "kesme" yeteneğine

ihtiyaç duymaktadır. Başlangıçta hücrede çok sayıda cGMP molekülü vardır ancak fosfodiesteraz, banyo tıpasının küvetteki su seviyesini azaltması gibi, onun yoğunluğunu azaltır.



Şekil 1-3: Görmenin biyokimyası. RH: Rodopsin, RHK: Rodopsin kinaz, A: Armstrong, GC: Guanilat siklaz, T: Transdusin, PDE: Fosfodiesteraz.

cGMP'ye bağlanan başka bir zar proteini iyon kanalı adını taşımaktadır. Bu protein hücredeki sodyum iyonunun sayısını düzenleyen bir kapı vazifesi görmektedir. iyon kanalı normalde sodyum iyonlarının hücrenin içine akmasını sağlar, ancak ayrı bir protein faaliyeti de onları dışarıya gönderir. İyon kanalı ve pompanın bu ikili faaliyetleri hücredeki, sodyum iyonunuun seviyesini dar bir aralıkta tutmaktadır. Fosfodiesteraz'ın parçalaması ve cGMP'lerin sayısının azalması ile iyon kanalı kapanır ve bu da hücredeki pozitif yüklü sodyum iyon konsantrasyonunun azalmasına neden olur. Bu da hücre zarında yük dengesizliğine sebebiyet verir ve sonuç olarak beyindeki görme sinirine bir akım gider. Beyin bu sinyali çözümler ve görme gerçekleşmiş olur.

Yukarıda anlatılanlar hücrede gerçekleşen yegâne tepkimeler olsaydı 11-Cis-retinal, cGMP ve sodyum iyonları çabucak tükenirdi. Açılan molekülleri kapayan ve hücreyi eski haline getiren bir şeyler olmalıdır. Bunu gerçekleştiren bir dizi mekanizma mevcuttur. İlk olarak karanlıktayken iyon kanalı sodyum iyonlarının yanı sıra kalsiyum iyonlarının da hücreye girmesine imkân verir. Başka bir protein kalsiyum iyonlarını dışarıya pompalayarak kalsiyum konsantrasyonunun sabit bir seviyede kalmasını sağlar. cGMP seviyesi düştüğü zaman iyon kanalı kapanır ve yine kalsiyum iyon seviyesi azalır. cGMP'yi parçalayan fosfodiesteraz enzimi, düşük kalsiyum konsantrasyonunda daha yavaş çalışır. İkincisi, kalsiyum seviyesi azalmaya başlayınca guanilat siklaz olarak adlandırılan bir protein cGMP'leri yeniden birleştirmeye başlar. Üçüncüsü, tüm bunlar olurken metarodopsin II, rodopsin kinaz olarak adlandırılan bir enzimle kimyasal değişime uğrar. Değişmiş rodopsin sonra Armstrong adı verilen bir proteine bağlanır ki, bu da rodopsinin daha fazla transdusini aktif hale getirmesini engeller. Yani hücre, tek bir foton tarafından başlatılan güçlendirilmiş sinyali sınırlayacak mekanizmalara sahiptir.

Trans-retinal en sonunda rodopsinden ayrılır ve tekrar 11-Cis-retinal'e dönüştürülmesi ve yeniden rodopsine bağlanarak yeni bir görme işlemine hazır hale gelmesi gerekir. Bunu yapmak için trans-retinal ilk olarak bir enzim tarafından kimyasal değişime sokularak iki fazla hidrojen atomu içeren trans-retinole dönüşür. Daha sonra ikinci bir enzim bu molekülü 11-cis-retinole dönüştürür. Son olarak üçüncü bir enzim, daha evvel eklenen hidrojen atomlarını ayırarak 11-Cis-retinali oluşturur. Böylece görme çemberi tamamlanmış olur. ❑

Yukarıda anlatılanlar görme biyokimyasının sadece basit bir taslağıdır. Ancak bu, biyoloji biliminin hedeflediği seviyedeki bir açıklama olmalıdır. Bir fonksiyonu doğru anlamak için süreçteki tüm adımlar ayrıntılarıyla anlaşılmalıdır. Biyolojik süreçlerdeki ilgili adımlar eninde sonunda moleküler seviyede gerçekleşmektedir. Buna göre biyolojik bir fenomenin – görme, sindirim ya da bağışıklık – tatmin edici bir açıklaması onun moleküler açıklamasını da içermelidir.

Artık görmenin kara kutusu açıldığına göre, tüm gözlerin Darwin'in 19. yüzyılda ve evrim fikrini yaymaya çalışanların günü-

müzde yaptığı gibi – sadece anatomik yapısını dikkate alan evrimsel bir açıklamanın yeterince güçlü olmadığı ortadadır. Darwin'in çok basit olduğunu düşündüğü her bir anatomik adım ve yapı aslında önemi söz sanatıyla azaltılamayacak derecede hayrete düşürücü, karmaşık biyokimyasal süreçler içermektedir. Darwin'in tepeden tepeye metaforik sıçrayışlarının, şu anda pek çok durumda, dikkatle tasarlanmış makineler arasında, devasa sıçramalar olduğu ortaya çıkmıştır. Aradaki mesafe ancak helikopterle aşılabilecek kadar geniştir.

Tüm bunlar ışığında, biyokimya Darwin'e Liliput dahilinde meydan okumaktadır. Basit olarak anatomi, evrimin moleküler seviyede gerçekleşip gerçekleşmediği ile ilgilenmez. Fosil kayıtlarına karşı da ilgisizdir. Fosil kayıtları arasında devasa boşluklar olabilir ya da ABD başkanları gibi süreklilik de arz edebilir. Bunun artık önemi yoktur. Arada boşluklar olsa bile buna mantıklı bir açıklama getirmek gibi bir sorunu yoktur.[9] Fosil kayıtları bize 11-Cis-retinalin rodopsin, transdusin ve fosfodiesteraz ile etkileşiminin adım adım gerçekleşip gerçekleşmediği hakkında bilgi vermez. Ne biyocoğrafya modelleri, ne popülasyon biyolojisi modelleri, ne de gelişmemiş organ ya da türlerin sözde var olduklarını iddia eden evrim teorisi, bu konuya aynı şekilde ilgisizdir. [Bu, rastgele mutasyon bir efsanedir ya da Darwinizm hiçbir şeyi açıklayamamaktadır ya da popülasyon genetiği gibi geniş ölçekli fenomenler önemsizdir şeklinde anlaşılmamalıdır.] Bunlar doğrudur. Ancak yakın bir zamana kadar evrimi savunan biyologlar yaşamın moleküler ayrıntıları ile ilgilenmiyorlardı, zira bu ayrıntılar haklarında bir şey bilinmeyecek kadar küçük cisimler hakkındaydı. Şu anda hücrenin kara kutusu açıktır ve önümüzdeki sonsuz küçük dünya açıklanmalıdır.

KALVİNİZM

Çalışmakta olan bir kara kutunun iç yapısının basit olduğunu düşünmek, insan zihninin bir özelliği gibi görünmektedir. Bir çizgi dizi olan "Calvin and Hobbes" buna güzel bir örnektir (Şekil 1-4). Calvin

---

[9] Örneğin izole edilmiş popülasyonlarda türlere ayrılmanın oluşturduğu düzen.

daima kaplanı Hobbes ile birlikte bir kutunun içine zıplamakta veya zamanda geriye yolculuk yapmakta, ya da kendisini hayvan şekillerine dönüştürmekte, ya da bir kopyalayıcı ile kendisini çoğaltmaktadır. Calvin gibi küçük bir çocuk bir kutunun uçak ya da benzeri bir şey gibi uçabileceğini düşünür. Zira Calvin uçakların nasıl çalıştığını bilmemektedir.

Bazı durumlarda yetişkin bilim adamları bile Calvin gibi küçük bir çocuk kadar hayalciliğe açıktırlar. Örneğin, yüzyıllar önce böcek ve diğer küçük hayvanların bozulmuş yiyeceklerden türediği düşünülüyordu. Buna inanmak kolaydı çünkü küçük hayvanların çok basit olduğu düşünülüyordu (mikroskobun icadından önce doğa bilimciler böceklerin iç organlarının olmadığını sanıyorlardı). Ancak biyoloji ilerledikçe ve dikkatli araştırmalar yapıldıkça, korunan yiyeceklerin böcekler için yaşam kaynağı olmadığı ortaya çıktı ve önceki nesle ait bu teori bilimin sınırları dışında kaldı. 19. yüzyılda aynı durum hücrede yaşandı. Bira, süt ya da idrar günlerce kaplarda bekletildi. Ağzı kapalı olanların bile içlerinde gelişen bir şeyler sebebiyle bulanıklaştığı gözlendi. 18 ve 19. yüzyıllarda mikroskoplar bu şeylerin çok küçük, muhtemelen yaşayan hücreler olduğunu gösterdi. Buradan yola çıkarak basit canlı organizmaların sıvılarda kendiliğinden ortaya çıkabileceği iddiası o dönemde mantıklı görünmekteydi.



Şekil 1-4: Calvin ve Hobbes kara kutularında uçmaktadırlar.

Kamuoyunu ikna etmenin anahtarı, hücreleri "basit" olarak tasvir etmekti. 19. yüzyılın ortalarında kendiliğinden ortaya çıkış teorisinin önemli savunucularından birisi Ernst Haeckel idi. Haeckel ayrıca, Darwin'e karşı büyük bir hayranlık besliyordu ve Darwin teorisini

yaymakta çok istekliydi. Mikroskobun verdiği sınırlı hücre görüntülerinden yola çıkan Haeckel hücrenin "karbonun albümin kombinasyonundan oluşan bir yumru" olduğuna inanıyordu.[10] Ona göre, hücre bir parça mikroskobik jelâtinimsi maddeden çok farklı değildi. Dolayısıyla Haeckel'e göre hücre iç organları olmayan basit bir organizmaydı ve cansız maddelerden kolaylıkla üretilebilirdi. Şu anda biz tabi ki daha fazla bilgiye sahibiz.

Burada basit bir benzetme yapılabilir: Yaşamın kökenini anlamamızda Haeckel ne ise görmenin kökenini anlamamızda Darwin odur. Her iki durumda da 19. yüzyılın başarılı bilim adamları kendileri açısından gizli olan Liliput biyolojisini açıklamaya çalışmışlardır. Her ikisi de bunu yaparken kara kutunun içinin basit olması gerektiğini düşünmüşlerdir. Zaman onların yanıldığını göstermiştir.

20. yüzyılın ilk yarısında, biyolojinin pek çok dalı genellikle birbiriyle iletişim içinde değildi.[11] Bunun sonucunda genetik, sistematik, paleontoloji, karşılaştırmalı anatomi, embriyoloji ve diğer alanlar evrimin anlamı hakkında kendi fikirlerini geliştirdiler. Kaçınılmaz olarak evrim teorisi farklı disiplinler için farklı anlamlar taşımaya başladı. Darwin'in evrim teorisi ile ilgili tutarlı bir görüş kalmamıştı. Ancak yüzyılın ortalarında söz konusu alanlarda lider konumunda olan bilim adamları görüşlerini Darwin ilkelerine dayalı bir evrim teorisi altında birleştirmek için disiplinler arası bir dizi toplantı tertiplediler. Sonuç "evrim sentezi" adını alırken, ortaya atılan teoriye de "Neo-Darwinizm" adı verildi. Neo-Darwinizm modern evrim teorisi düşüncesinin temelini oluşturmaktadır.

Ancak bir bilim dalı, o zamanlar henüz ortaya çıkmamış olması gibi haklı bir sebepten dolayı, toplantıya çağrılmamıştı. Modern biyokimyanın başlangıcı Neo-Darwinizm'in resmen ilan edilmesinden kısa bir süre sonrasına rastlar. Buna göre nasıl ki mikroskobik yaşamın karmaşık olduğunun keşfinden sonra biyoloji biliminin yeniden yorumlanması gerektiyse Neo-Darwinizm de biyokimya alanında yaşa-

[10] Farley, J. (1979) *The Spontaneous Generation Cobtroversy from Descartes to Oparin*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, s. 73.

[11] Mayr, E. (1991) *One Long Argument*, Harvard University Pres, Cambridge, blm. 9.

nan gelişmelerin ışığında yeniden düşünülmelidir. Evrim sentezinde yer alan bilimsel disiplinlerin hiç birisi moleküler değildir. Darwin'in evrim teorisi doğru olsa bile yaşamın moleküler yapısını hesaba katmak durumundadır. Bu kitabın amacı da teorinin bunu yapmadığını göstermektir.

II. BÖLÜM
SOMUN VE CIVATALAR

YERLİLER VE RAHATSIZ OLANLAR

Lynn Margulis, Massachussetts Üniversitesi'nde seçkin bir biyoloji profesörüdür. Lynn Margulis bitki ve hayvan hücrelerinin enerji kaynağı mitokondrinin önceden bir bakteri hücresi olduğunu öne süren ve büyük oranda kabul gören teorisiyle oldukça saygınlık kazanmıştır. Bunun yanında tarihin eninde sonunda Neo-Darwinizm hakkında "Anglo-Saxon biyolojisinin yaygın dini inandırıcılığı içinde bir azınlık mezhebi" hükmünü vereceğini söylemektedir.[12] Halka açık konuşmalarından birinde, dinleyiciler arasında bulunan moleküler biyoloji uzmanlarının sorduğu bir soru ile, mutasyonların toplamı neticesinde yeni bir türün ortaya çıkmasına ilişkin sadece belirgin bir örnek vermeleri istemiştir. Ancak bu talep yerine getirilmemiştir. Ona göre teorinin sıradan savunucuları "Darwin'in kendi zoolojik, kapitalist, rekabetçi ve çıkarcı yorumunda yüzmekteydiler; onu yanlış anlamışlardı. Mutasyonların yavaş yavaş birikiminde ısrar eden Neo-Darwinizm tamamen korku ve kaçış içindedir."

Bunlar ilginç alıntılardır ve Lynn Margulis endişelerinde yalnız değildir. Darwinizm güvenli ve sağlam bir yere sahip gibi görünse de

---

[12] Mann, C. (1991) "Lynn Margulis: Science's Unruly Earth Mother", *Science*, 252, 378-381.

son 130 yıldan fazla bir zamandır, bilim dünyasının gerek içinden gerekse dışından istikrarlı biçimde eleştirilere maruz kalmıştır. 1940'larda genetikçi Richard Goldschmidt, Darwinizm'in yeni yapıların kökeni hakkındaki açıklamalarına "umulan canavar" teorisini ortaya atacak kadar karşı çıkmıştır. Goldschmidt ara sıra ortaya çıkan büyük değişikliklerin sadece şans eseri olduğunu düşünmekteydi; bir sürüngenin yumurtasından bir kuşun çıkma ihtimali gibi.

"Umulan canavar" teorisi fazla rağbet görmedi, ancak fosil kayıtlarına getirilen Darwinci yoruma duyulan tatminsizlik, yıllar sonra ortaya çıkacaktı. Paleontolog Niles Eldredge bu problemi tanımlamaktadır:[13]

Paleontologların uzun zamandır evrim fikrinden kaçındıklarına şüphe yoktur. Asla gerçekleşmeyecek gibi görünmektedir. Yılmadan devam eden koleksiyon çalışmaları zikzaklarla, küçük kararsızlıklarla ve çok nadir olarak da üst üste yığılarak toplanmış değişikliklerle karşılaşacaktır. Bu değişimler milyonlarca yıl sürecektir ki evrimci tarihte meydana gelen devasa değişimlerin tamamı için hesap etmeye değmeyecek kadar yavaştır. Evrimci yeniliğin başlangıcına baktığımızda, genellikle bir sansasyon olarak ortaya çıkmaktadır ve fosillerin neden başka yerde evrimleşmediği konusunda sağlam bir delili yoktur. Evrim başka bir yerde sonsuza kadar sürmeyecektir. Ancak evrim hakkında bir şeyler öğrenmeye çalışan ümitsiz bir paleontolog için fosil kayıtlarını çarpıcı yapan da budur.

1970'lerin başında Eldredge ve Stephen Jay Gould, söz konusu ikilemi hafifletmek için "kesintiye uğratılmış denge " teorisini ortaya attılar.[14] Bu teorinin iki varsayımı vardı: Türlerin çoğu, uzun dönemlerde küçük gözlemlenebilir değişimlere maruz kalırlar; bu değişim gerçekleştiğinde hızlıdır ve küçük, yalıtılmış bir popülasyonda yoğunlaşmıştır. Eğer böyleyse ara tür fosillerinin bulunması zordur ve bu da fosil kayıtlarının ara sıra ortaya çıkmasıyla uygundur. Goldschmidt

---

[13] Elredge, N. (1995) *Reinventing Darwin*, Wiley, New York, s. 95.

[14] Elredge, N. Ve Gould, S. J. (1973) "Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism", *Models in Paleobiology*, ed. T. J. Schopf, Freeman, Cooper ve Co., San Fransisco, s. 82-115.

gibi Eldredge ve Gould da ortak bir ataya inanmaktaydı ancak hızlı, geniş ölçekli bir değişikliği açıklamak için doğal seleksiyon dışında bir mekanizmaya ihtiyaç olduğunu düşünüyorlardı.

Gould ayrıca başka büyüleyici bir fenomen hakkındaki tartışmaların öncüsüydü: "Kambriyen Patlaması". Dikkatli araştırmalar, yaklaşık 600 milyon yıldan daha eski kayalarda çok az miktarda çok hücreli canlı fosillerinin bulunduğunu göstermiştir. Ancak biraz daha genç kayalarda ise çok sayıda hayvan fosiline ve çok çeşitlilik arz eden vücut yapılarına rastlanmaktadır. Kısa bir süre önce patlamanın gerçekleşme zamanı hakkındaki tahminler gözden geçirilerek 50 milyon yıldan 10 milyon yıla çekildi; bu zaman dilimi jeolojik açıdan göz kırpma gibidir. Tahmin edilen zamanın kısalması manşet yazarlarını yeni ifadeler bulmaya zorladı ve "Biyolojik Big Bang" terimi kullanılmaya başlandı. Gould yeni yaşam formlarının hızlı ortaya çıkış oranının açıklanması için doğal seleksiyondan başka bir mekanizma gerektiğini iddia ediyordu.[15]

İlginçtir ki Darwin'in yaşadığı dönemden bugüne kadar bir tur atıp başlangıç noktasına gelmiş bulunuyoruz. Darwin, teorisini ilk ortaya attığı zaman, dünyanın yaşı hakkında tahminde bulunmak oldukça zordu. 19. yüzyıl fizikçileri dünyanın sadece 100 milyon yaşında olduğunu düşünüyordu, ancak Darwin doğal seleksiyonun yaşam üretebilmesi için daha fazla zamana ihtiyaç olduğu kanısındaydı. İlk başta haklı çıkmıştı, zira dünya düşünülenden daha yaşlıydı. Bununla beraber "biyolojik Big Bang"in keşfiyle, canlılığın basitten karmaşığa gittiği iddiası karşısında zaman, 19. yüzyılda yapılan tahminlerden çok daha kısıtlıydı.

Ancak kemiklere bakıp da canı sıkılanlar sadece paleontologlar değildi. Bütün halindeki organizmaları inceleyen bir yığın evrimci biyolog da gözlemlerinin Darwinizm tarafından nasıl açıklanacağını merak ediyorlardı. İngiliz biyologlar Mae-Wan Ho ve Peter Saunders, şikâyetlerini şöyle dile getirmişlerdir:

---

[15] Beradsley, T. "Weird Wonders: Was the Cambrian Explosion a Big Bang or a Whimper?" *Scientific American*, June 1992, s. 30-31.

Neo-Darwinizm'in formüle edilmesinden bu yana yaklaşık yarım yüzyıl geçmiştir. Onun tanımladığı paradigma ile ilgili pek çok araştırma yapılmıştır. Fakat teorinin başarısı, güve renklerindeki adaptasyona yönelik değişim gibi evrimin ayrıntılarıyla sınırlı kalmıştır. Öte yandan güvelerin ilk olarak nasıl oluştuğu gibi bizi en çok ilgilendiren soruların çok azını cevaplayabilmektedir.[16]

Georgia Üniversitesi genetik bilimcilerinden John McDonald, bir bilmeceye dikkat çekmektedir:

Adaptasyona dayalı genetik üzerine son yirmi yıldır yapılan araştırmalar, bizi büyük bir Darwinizm paradoksuna sokmuştur. Doğal popülasyonlarda açıkça değişiklik gösteren bu genler, pek çok büyük ve uyumsal değişimin temeli olarak görünmemektedir. Öte yandan hepsi olmasa da çoğu önemli adaptasyonlara temel teşkil eden genlerin de, doğal popülasyonlarda fazla değişmediği açıktır.[17]

Avustralyalı evrimci genetik bilimcilerden George Miklos da Darwinizm'in işlevsizliğini aşmaya çalışmaktadır:

O halde bu her şeyi kapsayan evrim teorisi neyi öne sürmektedir? Rastgele mutasyon ve seleksiyon katsayısı gibi bazı varsayımlar düşünülürse gen frekanslarında zamanı aşan değişiklikleri tahmin edecektir. Büyük bir evrim teorisi gerçekten bununla mı ilgilenmelidir?[18]

Chicago Üniversitesi Ekoloji ve Evrim bölümünden Jerry Coyne, beklenmeyen bir hükme varmaktadır:

Neo-Darwinizm görüşünün doğruluğu hakkında çok fazla delil olmadığı kanısına – beklenmedik şekilde – vardık. Zira onun teorik alt yapısı ve destekleyen deneysel kanıtları çok zayıftır.[19]

Son olarak California Üniversitesi genetik bilimcisi John Endler, yararlı mutasyonların nasıl ortaya çıktığına kafa yormaktadır:

---

[16] Ho, M. W. and Saunders, P. T. (1979) ""Beyond Neo-Darwinism – An Epigenetic Approach to Evolution", *Journal of Theoretical Biology* 78, 589.

[17] McDonald, J. F. (1983) "The Molecular Basis of Adaptation", *Annual Review of Ecology and Systematics* 14, 93.

[18] Miklos, G. L. G. (1993) "Emergence of Organizational Complexities During Metazon Evolution: Perspectives from Molecular Biology, Paleontology and Neo-Darwinism", *Memoirs of the Association of Australasian Paleontologists*, 15, 28.

[19] Orr, H. A. And Coyne, J. A. (1992) "The Genetics of Adaptation: A Reassessment", *American Naturalist*, 140, 726.

Mutasyon hakkında çok şey bilinse de konu evrimle ilgili olunca hala bir "kara kutu" olmayı sürdürmektedir. Evrimde yeni biyokimyasal fonksiyonların ortaya çıkması çok nadir olmaktadır ve kökenleri neredeyse hiç bilinmemektedir.[20]

Matematikçiler yıllar boyunca Darwinizm'in iddialarının ihtimal dışı olduğundan yakınmışlardır. Bilgi teorisyeni Hubert Yockey, yaşamın başlaması için gereken bilginin tesadüf eseri gelişemeyeceğini iddia etmiştir. Ona göre yaşam da madde ya da enerji gibi verili bir şeydir.[21] 1996 yılında önde gelen matematikçiler ve evrimi savunan biyologlar, Philadelphia Wistar Institute'de bir sempozyum düzenlediler. Bu sempozyumun sebebi de organizatör Martin Kaplan'ın "Darwin'in evrim teorisi ile ilgili matematiksel şüpheler hakkında dört matematikçinin çok tuhaf bir tartışması"na kulak misafiri olmasıydı.[22] Sempozyumun bir tarafı mutsuzken diğer taraf ise olayı anlamıyordu. Gözü oluşturmak için gerekli sayıda mutasyonun gerçekleşmesi için yeterli zaman olmadığını savunan matematikçilerden birisi, biyologlar tarafından hesap hatası yapmakla eleştiriliyordu. Öte yandan matematikçiler, hatalı olduklarına da ikna edilememişlerdi. Açıklamalardan birisi şu şekildeydi:

Neo-Darwinist evrim teorisinde kayda değer bir açık vardır. Bize göre de bu eksiklik, biyolojinin mevcut konsepti ile kendisi arasında ilişki kurulamayacak bir doğadadır.[23]

Santa Fe Institute'den Stuart Kauffman "karmaşıklık teorisinin" önde gelen savunucularındandır. Bu teori genel hatlarıyla canlı sistemlerin pek çok özelliğinin doğal seleksiyon ile değil de, kendi kendini

---

20 Endler, J. A. And McLellan, T. (1988) "The Process of Evolution: Toward a Newer Synthesis", *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, 397.

21 Yockey, H. (1992) *Information Theory and Molecular Biology*, Cambridge University Pres, Cambridge, England, 9. Bölüm.

22 Kaplan, M. (1967) "Welocme to Participants", *Mathematical Challenges to the Neo-Darwinian Interpretation of Evolution*, ed. P. S. Moorhead and M. M. Kaplan, Wistar Institute Pres, Philedelphia, s. vii.

23 Schützenberger, M. P. (1967) "Algorithms and Neo-Darwinian Theory of Evolution", *Mathematical Challenges to the Neo-Darwinian Interpretation of Evolution*, ed. P. S. Moorhead and M. M. Kaplan, Wistar Institute Pres, Philedelphia, s. 75.

düzenlemenin – kompleks sistemlerin belirli kalıplara göre kendilerini düzenleme eğilimi – sonucu olduğunu ileri sürmektedir:

Yaratılışı savunan bilim adamları ne mırıldanırsa mırıldansın, Darwin ve evrim ile biz birbirimizden ayrıyız. Ancak, öne sürülen görüş doğru mudur? Daha da önemlisi yeterli midir? Bence değildir. Bunun anlamı Darwin'in sadece hatalı olması değil, doğrunun yalnız bir parçasını elinde tutuyor olmasıdır.[24]

Karmaşıklık teorisi çok az takipçi edinirken eleştirenlerin sayısı oldukça fazlaydı. Kauffman'ın mezuniyet çalışması sırasında ona gözetmenlik yapan John Maynard Smith, teoriyi fazla matematikçi olması ve gerçek hayat kimyasıyla ilişkisizliği yüzünden eleştirmiştir.[25] Bu eleştiri değerli olsa da Kauffman'ın tanımladığı probleme (karmaşık sistemlerin kökeni) Smith'in getirdiği bir çözüm yoktu.

Darwin'in teorisi ilk ortaya atıldığından beri oldukça değişmişti ve bunun yegâne sebebi dini itirazlar değildi. Darwin'e karşı çıkan kişilerden St. George Mivart, 1871'de teoriye yönelik eleştirilerinin bir listesini çıkardı. Listedekilerin çoğu şaşırtıcı şekilde modern eleştirilere benziyordu.

Darwinizm'e yönelik eleştiriler şöyle özetlenebilir: "Doğal seleksiyon" yararlı yapıların başlangıç evrelerini açıklamakta yetersizdir. Farklı kökenlerin birbirine çok yakın yapılarının aynı anda var olmasıyla uyumlu değildir. Spesifik farklılıkların açmazı olarak değil de aniden ortaya çıktığını düşünmek için haklı gerekçeler vardır. Türlerin kendi değişkenlikleri için çok farklı, ancak kesin sınırları olduğu görüşü hâlâ akla uygundur. Var olması beklenen bazı geçiş türlerine ait fosiller ortada yoktur... Organik formlarda "Doğal seleksiyon" tarafından aydınlatılmamış çok sayıda önemli fenomen vardır.[26]

Aynı tartışmanın bir çözüme varılmadan bir asır boyunca sürdüğü görülmektedir. Mivart'tan Margulis'e, Darwinizm'i yetersiz bulan bilgili ve saygın bilim adamları daima olagelmiştir. Görünüşe göre ilk

---

24 Kauffman, S. (1993) *The Origin of Order*, Oxford University Pres, Oxford, England, s. xiii.
25 Smith, J. M. (1995) "Life at the Edge of Chaos" *New York Review*, March 2, s. 28-30.
26 Mivart, St. G. (1871) *On the Genetics of Species*, Macmillam and Co., London, s. 21.

olarak Mivart tarafından sorular cevapsız kalmış ya da bazı insanlar aldıkları cevaptan tatmin olmamışlardır.

Daha fazla ileri gitmeden şu noktaya dikkat etmeliyiz: Dünyadaki tüm bilim adamları arasında bir anket yapılsaydı büyük bir çoğunluk Darwinizm'in doğru olduğuna inandığını söyleyecekti. Ancak bilim adamları da herkes gibi görüşlerini büyük oranda diğer insanların sözlerine dayandırırlar. Darwinizm'i kabul edenlerin hepsi olmasa da çoğu otoriteleri esas alır. Ne yazık ki eleştirilerin çoğu, yaratılışçılara koz vermemek için yok sayılmıştır. Doğal seleksiyona yönelik sert bilimsel eleştiriler, bilimi koruma adına göz ardı edilmiştir.

Şimdi tartışmayı iyice açıp halkla ilişkiler boyutunu bir kenara koyacağız. Şimdi tartışma zamanıdır [zira sonunda biyolojinin dip noktasına ulaştık.] Biyolojinin en küçük seviyesinde – hücrenin kimyasal yaşamı – Darwinci tartışmaların eleştirilmesi gereken, zeminleri kökten değiştiren karmaşık bir dünya keşfetmiş durumdayız. Örneğin, "bombacı" kınkanatlı böcek hakkında yaratılışçılarla Darwincilerin çekişmesini ele alalım.

KINKANATLI BÖCEĞİN BOMBALARI

Kınkanatlı böceğin görünüşü sadedir ve yaklaşık 1.5 cm uzunluğundadır. Ancak başka bir böcek tarafından tehdit edildiğinde, kendini korumak için özel bir yöntemi vardır. Arkasındaki bir bölgede bulunan bir delikten düşmanın üzerine sıcak bir çözelti fışkırtarak onu haşlar.[27] Böylece düşman da akşam yemeği için başka bir plan yapmak zorunda kalır. Peki, bu sistem nasıl çalışır?

Kınkanatlı böceğin kimyadan faydalandığı açıktır. Savaş öncesinde, sıvı üretici olan özel loblar, hidrojen peroksit ile hidrokinonun yoğun bir karışımını hazırlarlar. Hidrojen peroksit eczanelerde satılanla aynıdır. Hidrokinon ise fotoğrafçılıkta kullanılmaktadır. Karışım, toplama keseciği adı verilen bir depolama odasına gönderilir. Toplayıcı kesecik (yaptığı çağrışımdan ötürü) patlama odası adı verilen başka bir

---

[27] Aneshansley, D. J., Eisner, T., Widom, J. M. Ve Widom, B. (1969) "Biochemistry at 100°C: Explosive Secretory Discharge of Bombarider Beetles", *Science, 165*, 61; Crowson, R. A. (1981) The *Biology of the Coleoptera*, Academic Pres, New York, Bölüm:15.

bölüme bağlıdır, ancak genellikle aralarında bir engel vardır. Bu engel insanların kendilerini belirli bir pozisyonda tutmalarını sağlayan büzgen kaslara benzeyen bir büzgen kas ve bir tüpten oluşan bir yapıdır. Ektodermal beze adı verilen yumrular patlama odasına eklenmiş durumdadır. Bu yumrular patlama odasındaki tepkimeleri katalizleyen enzimi salgılar. Böcek, tehdidi hissettiği zaman bir yandan depolama odasının etrafındaki kasları sıkarken, eş zamanlı olarak büzgen kasları gevşetir. Bu da hidrojen peroksit ve hidrokinon çözeltisinin enzim katalizörle karışacağı patlama odasına girmesini sağlar.

Bundan sonra gelişen kimyasal olaylar oldukça ilginçtir. Hidrojen peroksit, eczaneden alınan şişenin kapağı açık bırakılınca olduğu gibi, hızlı bir biçimde su ve oksijen olarak ayrılır. Oksijen, daha fazla su ve oldukça tahriş edici bir kimyasal olan kinon üretmek için hidrokinon ile tepkimeye girer. Bu tepkimeler çok yüksek ısı açığa çıkarır. Çözeltinin sıcaklığı kaynama noktasına ulaşır ve bir kısmı buhara dönüşür. Bu buhar ve oksijen patlama odasının duvarlarına çok yüksek basınç uygular. O anda büzgen kas da kapalı olduğu için kınkanatlı böceğin vücudundan dışarı çıkan bir kanal, kaynayan karışımın tek çıkış noktası haline gelir. Kanalın etrafındaki kaslar buharın doğrudan tehlike kaynağına yönelmesini sağlar. Sonuç, düşmanın zehirli kimyasal kinon buharıyla haşlanmasıdır.

Hidrojen peroksit ve kinon karışımının kesecikte toplanırken neden patlamadığını merak ediyor olabilirsiniz. Bunun sebebi, çoğu kimyasal tepkimenin, eğer molekülleri atomik seviyede biraraya getirmenin kolay bir yolu yoksa çok yavaş gerçeklemesidir. Zaten diğer türlü, bu kitabın havadaki oksijenle temas ettiği anda alev alması gerekirdi. Kilitli bir kapıyı burada örnek olarak alabiliriz. Farklı taraflarda bulunan insanları biraraya getirmenin kolay bir yolu yoktur. Ancak birinde anahtar varsa, kapı açılabilir ve insanlar karşı karşıya getirilebilir. Enzim katalizörler de hidrojen peroksit ile hidrokinonun tepkime verecek şekilde atomik seviyede biraraya gelmesini sağlayarak bir nevi anahtar görevi görürler.

Bombacı kınkanatlı, yaratılışçıların çok tuttuğu bir canlıdır. (Hazel May Rue'nin çocuklar için yazdığı *Bomby, the Bombardier Beetle* isimli hikâye kitabı Institute for Creation Research tarafından

yayınlanmıştır.) Evrimcileri, kınkanatlının olağanüstü savunma sisteminin nasıl aşamalı olarak meydana geldiğini açıklamaya davet eden yaratılışçılar, bu şekilde onları aşağılamaktadırlar. Oxford Üniversitesi zooloji profesörü Richard Dawkins, bu meydan okumayı dikkate almıştır. Dawkins, modern dönemde Darwinizm'in en iyi savunucularındandır. Onun, evrimciler tarafından büyük beğeni toplayan *The Blind Watcmaker*'ın da bulunduğu kitapları, konuya yabancı olan kişiler için oldukça ilginç iddialar içerir ve başlangıç için fazlasıyla eğlencelidir. Dawkins, kendisini Darwinizm'in doğru olduğuna inandırdığı için kitaplarını tutkuyla yazmaktadır. Ayrıca ateizmin, Darwinizm'in mantıklı bir sonucu olduğuna ve bu fikri paylaşan insanların artmasıyla dünyanın daha iyi bir yer haline geleceğine inanmaktadır.

Dawkins, *The Blind Watcmaker* adlı kitabında dikkatini sadece bombacı kınkanatlıya öyneltir. Kitabın ilk bölümünde, bilim yazarı Francis Hitching'in *The Neck Of the Giraffe* kitabından, Darwinizm'e karşı çıkan bir iddianın bir parçası olarak, bombacı kınkanatlının savunma sistemini açıklayan bir bölüm alıntılar:

[Bombacı kınkanatlı] düşmanının yüzüne hidrokinon ile hidrojen peroksitin öldürücü bir karışımını fışkırtır. Bu iki kimyasal madde, birbirine karıştığı zaman, gerçekten patlar. Yani, bombacı onları vücudunda depolamak için kimyasal bir inhibitör kullanarak zararsız hale getirir. Sıvıyı kuyruğundan dışarı püskürttüğü anda karışımı tekrar patlayıcı hale getirmek için bir anti-inhibitör katılır. Böyle kompleks, koordineli ve hassas bir sürecin, evrim yoluyla ortaya çıkmasına neden olan olaylar zinciri, kademeli gelişim temeline dayanan biyolojik bir açıklamayı aşmaktadır. Kimyasal dengedeki ufak bir değişim, patlamış kınkanatlılardan oluşan bir ırk ortaya çıkaracaktır.[28]

Dawkins buna şu şekilde cevap vermiştir:

Biyokimyacı bir meslektaşımdan bir şişe hidrojen peroksıt ve 50 bombacı kınkanatlıya yetecek kadar hidrokinon aldım. Şu anda ikisini karıştırmak üzereyim ve Hitching'e göre, bunların yüzüme patlaması gerek. Evet... Hala buradayım. Hidrojen peroksidi, hidrokinonun

[28] Hitching, F. (1982) *The Neck of the Giraffe*, Pan, London, s. 68.

içine boşalttım ve gerçekten de hiçbir şey olmadı. Isınmadılar bile... "Bu iki kimyasal karıştığı zaman gerçekten patlar" ifadesi yaratılışçı literatürde sürekli kullanılmasına rağmen açıkça yanlıştır. Eğer bombacı kınkanatlıyla ilgileniyorsanız olanlar şu şekildedir. Düşmanlarına hidrojen peroksit ile hidrokinonun haşlayıcı bir karışımını püskürttüğü doğrudur. Ancak hidrojen peroksit ile hidrokinon, bir katalizör olmadan şiddetli bir tepkime vermezler. Kınkanatlının yaptığı da budur. Sistemin öncüleri olan hidrojen peroksit ve hidrokinon vücut kimyasında başka amaçlarla kullanılmaktadır.[29]

Dawkins bir adım önde görünmesine rağmen ne o, yaratılışçılara belirgin bir üstünlük sağlayamamıştır. Dawkins'in sistemlerin evrimine getirdiği açıklama, sistem elemanlarının "ortamda hazır olduğu" gerçeğine dayanır. Böylece ona göre evrim mümkün olmaktadır. Ancak Dawkins, hidrojen peroksit ve hidrokinonun, kimyasalların hızlı tepkimesi için gereken enzimleri içeren başka bir bölüme, büzgen bir tüp vasıtasıyla bağlanan bir bölüm içinde, nasıl çok yüksek bir konsantrasyonda üretildiğine açıklık getirmemiştir.

Kilit soru şudur: Kompleks biyokimyasal sistemler aşamalı olarak nasıl oluşabilir? Yukarıdaki tartışmayla ilgili problem, her iki tarafın da bir diğerinin geçmişinden söz ediyor olmasıdır. Bir taraf karşı tarafın yanlışlarını ortaya dökerken, diğer tarafın yaptığı tek şey bunu düzeltmektedir. Ancak Darwinizm'i sıkıntıya sokan iki soru vardır: İlk olarak, kınkanatlının şimdiki olağanüstü sistemini kazanıncaya kadar geçen evrim aşamaları nelerdir? İkincisi de bu aşamalar arası geçişin mahiyeti hakkında Darwinizm ne düşünmektedir?

Dawkins, bombacı kınkanatlının savunma sisteminin nasıl evrimleşmiş olabileceği hakkında fazla ayrıntı vermemektedir. Bunun yanında onun iddiasının sorunlu yanına dikkat çekmek için, kınkanatlının sözde evrimi hakkında en yüksek olasılıklı tahmini yapmak için, bu böceğin anatomisi hakkında bildiklerimizi kullanalım. İlk olarak, kınkanatlının savunma sisteminin saldırganları püskürtme amacına yönelik oluşturulduğuna dikkat etmeliyiz. Sistemin bileşenleri şunlardır: (1) loblar tarafından salgılanan hidrojen peroksit ve hidrokinon, (2)

---

[29] Dawkins, R. (1985) *The Blind Watchmaker*, W. W. Norton, London, s. 86-87.

ektodermal bezelerin ürettiği enzim katalizör, (3) toplayıcı kesecik, (4) büzgen kas, (5) patlama odası ve (6) çıkış kanalı. Bu bileşenlerin hepsi de sistemin işlemesi için gereklidir ancak; örneğin tek başına hidrokinon bu yaratık için zararlıdır. Pek çok kınkanatlı türü, kinon sentezler ki salgılanan bu maddenin tadı berbattır. Bu sayede kınkanatlılar çiğnenmekte ve tükürülmektedir. Kendilerine zararlı hemcinslerinden kaçınmayı sağlayan bu yöntemle türler bu savunma sisteminden faydalanır.

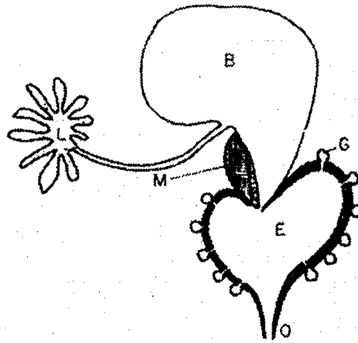
Buna göre, tek başına hidrokinonun, bizim tüm sistem için anlattığımız şekilde, savunma işlevi vardır. Diğer bileşenler de işlevi sürekli artıracak şekilde, bombacının sistemine eklenebilir mi? Sorunun cevabı olumlu gibi görünebilir. Kınkanatlının, hidrokinonu, toplayıcı kesecik gibi tutucu bir boşlukta yoğunlaştırmaktan faydalandığını söyleyebiliriz. Bu da söz konusu böceğin son derece tatsız ve zehirli bir kimyasalı kendisine herhangi bir zarar vermeden ve çok yüksek miktarda üretebilmesine imkân tanır. Eğer toplayıcı kesecik bir şekilde dışarı uzanan bir kanal geliştirmiş olsaydı, hidrokinon sızacak ve muhtemelen saldırgan böceği yemeden geri püskürtecekti. Pek çok kınkanatlı basit bir yapısı olan, pijidal bezlere sahip. Bu sistemin yapısı şöyledir: Dış dünyanın etkilerinden korunmak için genellikle bir kasla çevrilidir ve dışarıya uzanan borusu ile basit bir tutucu boşluktan meydana gelir. Bu sistem muhteviyatın uygun zaman gelmeden dışarı sızmasını engelleyen bir büzgen kas geliştirilerek daha da iyileştirilebilir.

Aslında hidrojen peroksit de tahriş edicidir; böylece bir böcek düşük sıcaklıkta bile olsa zarar verici etkiyi artırmak için hem hidrojen peroksit, hem de hidrokinon salgılayarak korunabilir. Neredeyse tüm hücreler, hidrojen peroksidi açığa çıkan bir miktar ısı ile birlikte su ve oksijen olarak parçalayan ve katalaz adı verilen bir enzim taşırlar. Dışarı çıkan borunun çeperindeki tüm hücreler bir miktar katalaz salgılamış olsaydı, hidrojen peroksidin bir kısmı dışarı çıkarken ayrışacaktı. Bu da çözeltiyi ısıtıp daha etkili hale getirebilirdi. Avustralya[30] ve

---

[30] Eisner, T., Attygalle, A. B., Eisner, M., Aneshansley, D. J. ve Meinwald, J. (1991) "Chemical Defense of Primitive Australian Bombardier Beetle (*Carabidae*): *Mystropomus regularis*", Chemoecology, 2, 29.

Papua Yeni Gine'de[31] bulunan bombacı kınkanatlı türleri çözeltiyi ılıkla sıcak arası, ancak kaynamayan bir ısıda püskürtmektedir. Hücreler daha fazla katalaz salgılasaydı çözelti daha sıcak olacaktı. Sonuç olarak yüksek sıcaklık ile çözeltinin bozulma sıcaklığı ve çıkış kanalının dayanıklılığı arasında optimum bir duruma ulaşılacaktır. Çıkış kanalı kaynama noktasındaki çözeltiye dayanabilmek için sağlam ve geniştir. Katalitik karışıma art arda salgılanan hidrojen peroksit, Şekil 2-1'deki gibi bir sistemi oluşturur.



Şekil 2-1: Bir bombacı kınkanatlının savunma aygıtı: B: toplayıcı kesecik, E: patlama odası, G: katalaz salgılayan ektodermal bez, L: salgı lobları, M: büzgen kas, O: çıkış yolu, B: E'ye geçtiği zaman patlayan hidrokinon ve hidrojen peroksit karışımı içerir.

Şimdi evrimci literatüre uygun bir senaryo ile karşı karşıyayız. Ancak bombacı kınkanatlının savunma sisteminin nasıl geliştiği gerçekten açıklığa kavuşmuş mudur? Ne yazık ki buradaki açıklama Darwin'in 19. yüzyılda göz için yaptığı açıklamadan daha ayrıntılı değildir. Sürekli değişen bir sistem olduğunu bilmemize rağmen, onu kontrol eden bileşenin ne olduğu bilgisine sahip değiliz. Örneğin toplayıcı kesecik karmaşık ve çok hücreli bir yapıdır. Bu yapı ne içermektedir? Neden şekli öyledir? "Kınkanatlı hidrokinonu tutucu bir boşluk-

31 Eisner, T., Ball, G. E., Roach, B., Aneshansley, D. J., Eisner, M., Blankespoor, C. L. Ve Meinwald, J. (1989) "Chemical Defense of an Ozanine Bombardier Beetle from New Guinea", *Psyche, 96*, 153

ta yoğunlaştırmaktan faydalanmaktadır" demek, "toplum, iktidarı merkezi bir yönetimde yoğunlaştırmaktan faydalanmaktadır" demekle eş anlamlıdır: Her iki durumda da yoğunlaştırmanın nedeni ve kullanılan aygıt açıklanmamıştır. Ayrıca faydalar ayrıntılara oldukça bağlıdır. Toplayıcı kesecik, büzgen kas, patlama odası ve çıkış tüneli sadece kendi başlarına bile kompleks yapılardır ve tanımlanmamış bileşenleri vardır. Daha da ötesi, patlama yeteneğinin gelişimini gerçekleştiren esas proses bilinmemektedir: Toplayıcı bir keseciğin gelişimine, dışarı atılacak hidrojen peroksidin salgılanmasına ya da sistemi saran büzgen bir kasın oluşmasına neden olan nedir?

Bu noktada Darwinci evrimin gerçekleşebileceği düşüncesine ulaşmış durumdayız. Kınkanatlının yapısının ayrıntılarını tüm protein ve enzimlere kadar analiz edebilmiş ve tüm bunlara Darwinci bir açıklama getirmiş olsaydık, Dawkins ile anlaşabilirdik. Ancak şu an için sistemin evrim süreciyle ilgili hipotezimizin gelişim adımlarının, tepecikler arasında basit mutasyon sıçrayışları mı yoksa helikopter uçuşları mı olduğu konusunda bir şey söyleyemeyiz.

GÖRMEK İNANMAKTIR

Tekrar insan gözüne dönelim. Dawkins ve Hitching bu klasik karmaşık organ hakkında da çatışma içindedirler. Hitching *The Neck of the Giraffe*'de şöyle demektedir:

En küçük bir şeyin bile yanlış hareket etmesi – korneanın bulanık olması, göz bebeğinin büyüyüp küçülmeyi gerçekleştirememesi, merceğin saydamlığını yitirmesi ya da odaklamanın yanlış olması – durumunda belirgin bir görüntünün oluşmayacağı açıktır. Göz ya bir bütün olarak çalışır, ya da tamamen işlevsiz hale gelir. Buna göre yavaş, sürekli ve sonsuz küçük Darwinci gelişme ile bu organ nasıl gelişmiş olabilir? Tesadüf eseri meydana gelen binlerce mutasyonun gerçekleşmesi sonucu, biri olmadan diğerinin çalışmayacağı mercek ve retinanın eş zamanlı olarak evrimleştiği açıklaması gerçekten ikna edici midir? Görmeyen bir gözün hangi değeri kalabilir?[32]

[32] Hitching, s. 66-67.

Hitching'in kendisiyle tartışmasından mutlu olan Dawkins, bu fırsatı kaçırmaz:

Şu ifadelere dikkat edelim: "Eğer en küçük bir şey bile yanlış giderse... eğer doğru odaklanma olmazsa... belirgin bir şekil oluşmaz." Bu yazıyı gözlükle okuyor olma ihtimaliniz yaklaşık yüzde ellidir. Onları çıkartın ve etrafa bakın. "Tanınabilir bir görüntünün oluşmadığı"na katılıyor musunuz? Hithing ayrıca mercek ve retinanın bir diğeri olmadan işe yaramayacağını söylemektedir. Neye göre? Bir yakınım her iki gözünden de katarakt ameliyatı oldu ve ikisinde de şu anda mercek yok. Gözlükleri olmadan ne tenis oynayabilir ne de bir tüfeği hedefe doğrultabilir. Ancak hiç gözü olmamasındansa merceksiz gözleri olmasının daha iyi olduğuna beni inandırdı. Bir duvar ya da bir insanın üstüne yürümekte olduğunuzu söyleyebilirsiniz. Vahşi bir yaratık olsaydınız, merceksiz gözlerle size yaklaşan bir canlının şeklini ve yerini muhakkak görecektiniz.[33]

Gözün karmaşıklığından bahseden Hitching'e – ayrıca Richard Goldschimdt ve Stephen Jay Gould'a – böyle hücum eden Dawkins, gözün evrimine inandırmak için Charles Darwin'in akıl almaz argümanlarını başka kelimelerle ifade etmeyi sürdürür:

Bazı tek hücreli hayvanların ışığa duyarlı bir beneği vardır ve bu beneğin arkasında bir pigment bulunmaktadır. Perde onu tek bir yönden gelen ışıktan korur ve böylece ışık kaynağının yönü hakkında da "fikir" verir. Çok hücreli hayvanlara gelince... arkasında pigment destekli ışığa duyarlı hücreler küçük bir fincanın içine dizilmişlerdir. Bu da biraz daha iyi bir yön bulma yeteneği kazandırır. Burada, fincanı çok derin yapar ve yanları çevirirseniz sonuçta merceksiz minik bir kamera elde edersiniz. Bir göz için bir fincan aldığınızda açık tarafına hafif dışbükey, biraz şeffaf bir materyal koyarak daha da geliştirebilirsiniz. Zira bu madde mercek işlevi görebilir. Böyle kaba bir ilk-mercek bir kere oluştuğunda, süreklilik arz eden aşamalı bir ilerleme serisi olacaktır. Bu mercek kalınlaşacak, daha şeffaf olacak, daha net görüntü verecek ve bu da gerçek mercek olarak tanımlayacağımız bir şekle dönüşmesine neden olacaktır.[34]

---

33 Dawkins, s. 80-81.
34 Dawkins, s. 85-86.

Dawkins ve Darwin tarafından, gözün evriminin açıklanabilir bir dizi sonsuz küçük ilerlemeler ile adım adım gerçekleşen bir süreç olduğuna inanmamız istenmektedir. Ancak bu artımlar gerçekten sonsuz küçüklükte midir? Dawkins'in başlangıç noktası olarak ele aldığı "ışığa duyarlı benek"in işlevsel olabilmesi için 11-Cis-retinal ve rodopsin gibi kaskatlı faktörlere gerek olduğunu hatırlayalım. Dawkins bundan bahsetmemektedir. Ayrıca küçük fincanın da nereden geldiği belli değildir. Fincanın yapılması için hücre, ihtiyaç duyulan bir hücre topunun doğru şekli alması için moleküler bir destek olmadığı sürece yuvarlak kalma eğiliminde olacaktır. Aslında hücrenin şeklini korumak için onlarca kompleks protein vardır. Hücre dışı yapının şeklini devam ettirmek içinse, çok daha fazlası mevcuttur. Aksi takdirde hücrelerin şekli sabun köpüğünü andıracaktır. Bu yapılar tek adımlık mutasyonlar mı göstermektedir? Dawkins bu görünüşe göre basit "fincan" şeklinin nasıl oluştuğunu söylememektedir. Bunun yanında bizi "şeffafsı bir madde"nin gelişime uğradığına inandırmaya çalışsa da (hücreleri sadece "basit yumrular" olarak düşünen Haekcel'in de hücre üretmenin kolay olduğu gibi yanlış bir düşünceye sahip olduğunu hatırlayalım) "basit bir mercek" oluşturmanın ne kadar zor olacağı hakkında bilgi vermemektedir. Kısaca Dawkins'in açıklamaları sadece kaba anatomi olarak adlandırılan bir seviyeye hitap etmektedir.

Gerek Hitching gerekse Dawkins, yanlış noktaya odaklanmışlardı. Göz ya da aslında herhangi bir büyük biyolojik yapı bir dizi bağımsız sistemden oluşur. Retinanın tek başına ışığı algılama görevi vardır. Merceğin görevi ışığı almak ve odaklamaktır. Mercek retina ile beraber kullanılırsa retinanın çalışması gelişir, ancak her ikisi de bağımsız olarak çalışabilir. Merceği odaklayan ya da gözleri hareket ettiren kaslar da benzer şekilde görme aygıtı olarak pek çok farklı sistemde kullanılabilir. Işığın retina tarafından algılanması onlara bağımlı değildir. Gözyaşı tüpleri ve göz kapakları da karmaşık sistemlerdir, ancak retinanın işlevinden ayrılabilirler.

Hitching'in iddiası eleştiriye açıktı, zira tek bir sistem için bütünleşik sistemler olduğunu düşünüyordu. Dawkins ayrılabilir sistemler önererek doğru noktaya işaret etmiştir. Ancak Dawkins'in hatası kar-

maşık sistemleri karmaşık sistemlerle birleştirerek açıklama yapmaya çalışmasıdır. Bunu şu soruya verilecek cevapla karşılaştırabiliriz: "Stereo sistem nasıl yapılmıştır?" "Bir hoparlör setini güçlendiriciye takıp buna bir CD çalıcı, radyo alıcısı ve teyp donanımı ekleyerek." Darwin'in teorisi hoparlör ve güçlendiricinin birleştirilmesini ya tesadüf iddiasıyla açıklar, ya da açıklayamaz.

EKSİLTİLEMEZ KARMAŞIKLIK VE MUTASYONUN DOĞASI

Darwin doğal seleksiyona dayalı, aşamalı evrim teorisinin bir sıkıntısı olduğunun farkındaydı:

Var olan karmaşık bir organın sayısız, ardışık, küçük modifikasyonlar neticesinde ortaya çıkamayacağı ispatlanırsa, benim teorim kesinlikle çökecektir.[35]

Geçen yüzyılda Darwinizm hakkındaki şüphelerin büyük bölümünün bu konuya odaklandığını söylemek yanlış olmayacaktır. Mivart'ın, yeni yapıların başlangıç aşamaları konusundaki şüphelerinden Margulis'in aşamalı evrimi reddetmesine kadar Darwin'e yönelik eleştiriler, onun teorisini çökerten koşulların sağlandığı düşüncesindeydiler. Ancak emin olabilir miyiz? "Sayısız, ardışık ve küçük modifikasyonlar" neticesinde ne tür bir biyolojik sistem teşekkül edemez?

Yeni başlayanlar için cevabı hemen verelim: Eksiltilemez karmaşık sistemler. *Eksiltilemez karmaşıklık*'tan kastım temel işleve katkıda bulunan ve birbiriyle çok uyumlu bileşenlerden oluşan tek bir sistemdir; parçalardan birinin çıkarılması durumunda sistemin işlevi önemli ölçüde azalacaktır. Eksiltilemez karmaşık bir sistem, öncül bir sistemden küçük, ardışık modifikasyonlarla (yani aynı mekanizma çerçevesinde çalışmaya devam eden başlangıç işlevinin sürekli iyileştirilmesiyle) doğrudan elde edilemez. Zira bu sistemin herhangi bir öncülünde bazı parçalar eksik olduğu için, tanım gereği işlevsiz olacaktır. Eksiltilemez karmaşıklıktaki bir biyolojik sistem, Darwinci evrim için güçlü bir meydan okuma olacaktır. Doğal seleksiyon sadece hâlihazırda ça-

---

35 Darwin, C. (1872) Origin of Species, 6. basım (1988), New York University Pres, New York, s.154.

lışmakta olan sistemleri seçtiği için eğer bir biyolojik sistem aşamalı olarak üretilemiyorsa, doğal seleksiyon tarafından seçilebilmek için tümleşik bir sistem olarak bir seferde ortaya çıkmalıdır.

Bir sistem eksiltilemez karmaşıklıkta (yani doğrudan üretilemeyen) olsa bile dolaylı, çevrimsel bir yolun izlendiği de söylenebilir. Ancak bir sistemin karmaşıklığı arttıkça onun böyle dolaylı bir yol izleme olasılığı da hızlı bir biçimde düşecektir. Doğal olarak tanımlanmamış, eksiltilemez karmaşıklıktaki biyolojik sistemlerin sayısı arttıkça, Darwin'in başarısızlık kıstası bilimin izin verdiği sınırlar içerisinde en yüksek düzeyde karşılanacaktır.

Eksiltilemez karmaşıklıktaki sistemin çok sayıda eş zamanlı mutasyona – böyle bir evrimin gerçekleşme ihtimali bizim düşündüğümüzden de uzak olabilir gereksinim duyduğunu düşünmek genelde ilgi çekici olabilir. Bu ihtimal asla reddedilemez. Fakat bu boş bir iddiadır. Birisi çıkıp da dünyanın tüm özellikleri ile birlikte, dün tesadüf eseri ortaya çıktığını söyleyebilir. Tesadüf, fizik ötesi bir spekülasyondur. Bilimsel açıklamalar ise nedenlere dayanır. Böyle ani olaylar ile Darwin'in tasavvur ettiği aşamalı evrim anlayışının uyuşmaz olduğu, neredeyse evrensel bir kabuldür. Richard Dawkins problemi çok güzel bir biçimde ortaya koymaktadır:

Evrim, çok büyük bir ihtimalle daima aşamalı olmamıştır. Ancak gözler gibi karmaşık, görünüşe göre tasarlanmış nesnelerin ortaya çıkışını açıklamak için kullanıldığında aşamalı olması gerekir. Bu durumlarda aşamalı değilse, sahip olduğu açıklayıcı gücü kaybedecektir. Böyle durumlarda, aşamalı olmaksızın açıklanamayan bir durumda, adeta bir mucizeden bahsedilebilir.[36]

Bunun sebebi mutasyonun doğasında gizlidir.

Biyokimyada mutasyonun anlamı DNA'daki değişimdir. Mutasyonun kalıtsal olabilmesi için üreme hücrelerinin DNA'sında gerçekleşmesi gerekmektedir. Bir canlı DNA'sındaki tek bir nükleotid (DNA'nın yapı taşı) başka bir nükleotid ile yer değiştiğinde en basit mutasyon gerçekleşmiş olur. Ayrıca hücre bölünmesi sırasında DNA kopyalanırken tek bir nükleotid eklenebilir ya da dışarıda kalabilir. An-

---

[36] Dawkins, R. (1995) *River Out of Eden*, Basic Boks, New York, s. 83.

cak bazen, tesadüfen DNA'nın bir bölgesi – binlerce, hatta milyonlarca nükleotid – bütün halinde yok olabilir ya da kopyalanabilir. Bu durum da tekil bir mutasyon olarak adlandırılır, zira tekil bir olay olarak bir kez gerçekleşmektedir. Sonuçta, genel olarak tekil bir mutasyon bir canlıda bize büyük izlenimi verse de – sadece küçük bir değişiklik yapar. Örneğin bilim adamlarının laboratuvarda meyve sineği üretmelerini sağlayan ve *antennapedia* adı verilen meşhur bir mutasyon vardır: Zavallı mutant yaratığın kafasında, anten yerine büyüyen bacaklar vardır. Bu bize büyük bir değişim gibi görünse de gerçekte değildir. Baştaki bacaklar, sadece farklı bir yerde çıkan tipik meyve sineği bacağıdır.

Burada bir benzetme faydalı olacaktır: Yapılması gerekeni adımlarıyla açıklayan bir yönerge listesi düşünün. Yönerge satırlarından birisindeki değişim bir mutasyon olacaktır. Buna göre mutasyon "1/4 santimlik somun alın" yerine "3/8 santimlik somun alın" diyecektir. Ya da "Yuvarlak çiviyi yuvarlak deliğe yerleştirin" yerine "Yuvarlak çiviyi kare deliğe yerleştirin" diyecektir. Veya "Koltuğu motorun üstüne takın" yerine "Koltuğu gidonlara takın" diyebilir. (Bu son durumda eğer vida ve somunlar uygunsa yapabiliriz). Mutasyonun yapamayacağı şey, bütün yönergelerdeki değişimleri tek bir adımda yapmasıdır. Yani radyo yerine fax makinesi yapmak gibi.

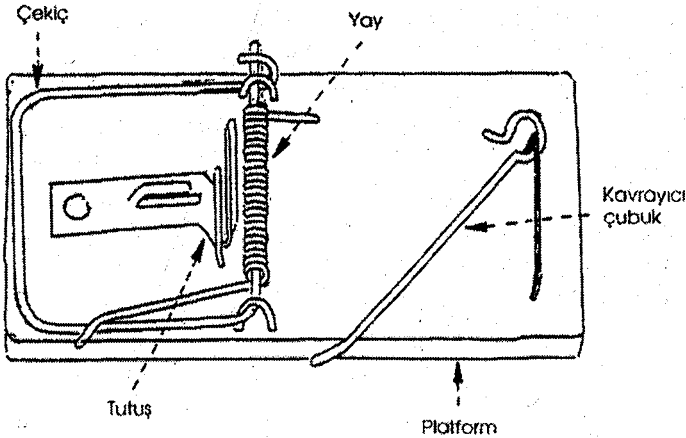
Bombacı kınkanatlıya ve insan gözüne geri dönersek, sayısız anatomik değişimin gerçekten çok sayıda küçük mutasyonlarla açıklanıp açıklanamayacağı sorusuyla karşılaşırız. Sinir bozucu olan şey bu soruya cevap verilememesidir. Gerek bombacı kınkanatlının savunma sistemi gerekse omurgalı gözü şu an için listelemenin – ve onları oluşturan mutasyonları tartışmanın – imkânsız olduğu çok sayıda (on binlerce farklı molekül tipi) moleküler bileşenden oluşmaktadır. Sayılamayacak kadar çok somun ve cıvata (ve vida, motor parçası, gidon vs) mevcuttur. Bizim için Darwinci evrim teorisinin böyle büyük yapıları oluşturup oluşturmayacağını tartışmak, 19. yüzyıl bilim adamlarının, hücrelerin kendiliğinden oluşup oluşmayacağını tartışmalarına benzemektedir. Tüm bileşenler bilinmediği için bu tartışmalar sonuçsuz kalmaktadır.

Ancak bu konudaki bakış açımızı kaybetmemeliyiz. Geçmiş dönemlerdeki insanlar da kendilerini ilgilendiren pek çok soruya cevap bulamamışlardır. Daha da ötesi gözün ya da kınkanatlının yapısı hak-

kında tüm soruları cevaplayamamış olmamız, Darwinizm'i biyolojik anlamda alt edemeyeceğimiz anlamına gelmez. Kınkanatlı gibi bütün bir hayvan ya da göz gibi bütün bir organdan moleküler seviyeye indiğimizde, çoğu zaman anatomisi üzerine bir değerlendirme yapabiliriz. Zira ayrık moleküler sistemlerin çoğunun bütün parçaları bilinmektedir. Takip eden beş bölümde, böyle bir dizi sistemle karşılaşacak ve değerlendirme yapacağız.

Şimdi eksiltilemez karmaşıklık fikrine geri dönelim. Tartışmanın bu noktasında eksiltilemez karmaşıklık, gücünü tanımından alan bir terimdir. Eksiltilemez karmaşıklıkta bir sistemi nasıl tanıyabiliriz sorusu ile ilgilenmemiz gerekmektedir. Mutasyonun doğası bilindiğine göre biyolojik bir sistemin eksiltilemez karmaşıklıkta olduğundan nasıl emin olabiliriz?

Eksiltilemez karmaşıklığa karar vermede ilk adım, hem sistemin işlevini hem de sistem bileşenlerini belirlemektir. Eksiltilemez karmaşıklıktaki bir nesne, tümü işleve katkıda bulunan bir dizi parçadan teşekkül edecektir. Aşırı derecede karmaşık nesnelerin (gözler, kınkanatlılar ya da diğer çok hücreliler) yaratacağı problemlerden kaçınmak için basit bir mekanik örneği ele alacağım: Fare kapanı.



Şekil 2-2: Evlerde kullanılan bir fare kapanı

Fare kapanının işlevi fareyi hareketsiz hale getirip, çuvallar dolusu elektrik kablosu ya da yer döşemesi kemirmek ya da süpürgenin ulaşamayacağı köşelerde, varlığına ait küçük belirtiler bırakmak gibi dostane olmayan hareketlerde bulunmasını engellemektir. Ailemin kullandığı fare kapanı bir dizi bileşenden oluşmaktadır (Şekil 2-2): (1) düz ağaçtan bir taban, (2) küçük fareyi ezmek şeklinde ana görevi yerine getiren metal çekiç, (3) kapan kurulduğu zaman platform ve çekice baskı yapması için uçları uzatılmış bir yay, (4) az bir basınçla serbest kalan hassas bir dil ve (5) dile bağlanmış ve kapan kurulunca çekici geride tutan metal bir çubuk. Ayrıca sistemi birarada tutan çiviler de sayılabilir.

Eksiltilemez karmaşıklığın tespitinde ikinci adım, tüm bileşenlerin işlev için gerekli olup olmadığının belirlenmesidir. Bu örnekte cevap açıkça "evet"tir. Bir akşam gazete okurken kilerden gelen sesleri fark ettiğinizi ve dolaptan bir fare kapanı aldığınızı düşünelim. Ne yazık ki üretim hatası neticesinde kapanın bir parçası eksik olsun. Hangi parçanın eksikliği kapanın fare yakalamasını etkilemez? Ağaç taban olmazsa diğer parçaların üzerinde duracağı bir şey olmaz. Çekiç eksik olursa, fare bütün gece platformun üzerinde dans etse bile yakalanmaz. Yayın eksikliği de kapanı işlevsiz kılacaktır. Dil ya da tutucu metal çubuk olmazsa, yayı gergin durumda tutamazsınız; gerilmiş yayı elinizle tutarak farenin peşinden koşmanız gerekecektir.

Bir sistemin eksiltilemez karmaşıklığından bahsedildiğinde ne kastedildiğini tam olarak anlamamız için fiziksel öncül ile kavramsal öncül ayrımını iyi yapmamız gerekmektedir. Yukarıda bahsedilen kapan, bir fareyi hareketsiz kılmak amacıyla kullanılabilecek tek sistem değildir. Ailem değişik zamanlarda yapışkan tuzak da kullanmıştı. En azından teorik olarak bir çubukla desteklenmiş bir kutu da kullanılabilir. Ya da fare bir tüfekle vurulabilir. Bunlar standart bir fare kapanının fiziksel öncülleri değildir, zira Darwinizm'in tanımladığı adımlarla taban, çekiç, yay, dil ve tutucu çubuk şeklinde fare kapanına dönüşemezler.

Konuyu netleştirmek için şu sırayı ele alalım: Kaykay, oyuncak araba, bisiklet, motosiklet, araba, uçak, jet uçağı, uzay mekiği. Doğal bir ilerleme varmış gibi görünmektedir, zira listedeki nesneler hem

ulaşım araçlarıdır hem de bir karmaşıklık sırası içindedirler. Tek bir süreklilik içinde kavramsal olarak ilişkilendirilebilir ve harmanlanabilirler. Ancak bisikletin motosiklet için (Darwin'e göre) fiziksel bir öncül olduğu söylenebilir mi? Hayır. Sadece kavramsal bir öncüldür. İlk üretilen dahil tarihte hiçbir motosiklet bir bisikletin basitçe değiştirilmesiyle yapılmamıştır. Bir cumartesi günü genç bir adamın eski bir bisikleti ve eski bir çim biçme makinesi motorunu alıp başka parçalar ekleyip biraz da zaman harcayarak kendine çalışan bir motosiklet yapmış olması ihtimal dâhilindedir. Ancak bu, insanların sadece eksiltilemez karmaşıklıktaki sistemleri tasarlayabildiğini gösterir ki, zaten bunu da biliyoruz. Bisikletin Darwin'in düşündüğü gibi öncül olabilmesi için sayısız, ardışık, küçük modifikasyon sonucunda motosiklet halini alması gerekir.

Şimdi aşaması mutasyonların kümülatif toplamı ile bir bisikleti motosiklete çevirmeye çalışalım. Bisiklet üreten bir fabrika düşünün. Ancak ara sıra üretim hataları olmaktadır. İşi daha da ileri götürerek bu hatanın bisikleti aslında geliştirdiğini hayal edelim. Böylece şanslı müşterinin arkadaş ve komşuları aynı bisikletten talep edeceklerdir ve fabrika da bu değişikliği kalıcı hale getirecektir. Sonuç olarak biyolojik mutasyonlar gibi başarılı mekanik mutasyonlar üretilecek ve yaygınlaşacaktır. Bununla birlikte biyolojik benzetmeye bağlı kalırsak, her bir değişim daha önceden var olan bileşenin sadece küçük modifikasyon, kopyalama ya da yeniden düzenlenmesi şeklinde olabilir. Ayrıca her bir değişim bisikletin işlevini geliştirmelidir. Örneğin, fabrika bir somunun boyunu büyütür ya da bir cıvatanın çapını azaltırsa veya ön aksa yeni bir tekerlek eklerse ya da arka tekerleği takmayı unutursa veya gidonların üzerine bir pedal koyar ya da fazladan jant teli koyarsa ve bu küçük değişimler bisikletin sürüşünü iyileştirirse, bu gelişim müşteriler tarafından derhal fark edilecek ve değişmiş bisikletler Darwinci tarza uygun olarak pazara hâkim olacaktır.

Bu şartlar altında bir bisikleti bir motosiklete dönüştürebilir miyiz? Seleyi küçük değişimlerle daha rahat hale getirerek, tekerlekleri büyüterek ve hatta tüm şekli (müşterilerin "motosiklet kullanıcısı" gözüyle bakmayı tercih ettiğini varsayıyoruz) çeşitli yollarla taklit ederek, doğru yönde ilerleyebiliriz. Ancak, motosikletin benzin kaynağına

ihtiyacı vardır ve bir bisiklette basit bir modifikasyonla benzin deposuna dönüşecek bir parça yoktur. Ayrıca bisikletin hangi bölümü bir motor yapmaya başlayacak şekilde çoğaltılabilir? Komşu bir fabrikadan şanslı bir tesadüf neticesi bir çim biçme makinesi gelmiş olsa bile, motorun bisiklete monte edilmesi ve zincire doğru yönde bağlanması gerekmektedir. Bu, bisiklet parçalarından adım adım nasıl gerçekleştirilebilir? Bisiklet imal eden bir fabrika varyasyona – sayısız, ardışık, küçük modifikasyon – dayalı doğal seleksiyondan motosiklet imal edemez ve aslında bir üründe bu anlamda karmaşık bir değişimin olduğuna dair tarihte hiçbir örnek yoktur.

Buna göre bir bisiklet bir motosikletin kavramsal bir öncülü olabilir, ancak fiziksel öncülü değildir. Darwinci evrim fiziksel öncüllere ihtiyaç duyar.

ASGARİ İŞLEV

Eksiltilemez karmaşıklık konusunu adım adım evrime yönelik bir meydan okuma olarak yeterince inceledik. Ancak Darwin için başka bir zorluk daha mevcuttur. Yukarıda verdiğim ve bir fare kapanını eksiltilemez karmaşık hale getiren liste gerçekte çok cömerttir, zira standart ve işlevsel bir kapanı oluşturmak için sadece bu beş parçanın olması yeterli değildir. Örneğin, taban kâğıttan yapılsaydı kapan parçalanırdı. Çekiç çok ağır olsaydı yayı koparırdı. Yay çok gevşek olsaydı çekici hareket ettiremezdi. Tutucu çubuk çok kısa olsaydı dile erişmezdi. Dil çok büyük olsaydı uygun zamanda serbest kalmazdı. İşlevsel bir kapan yapmak için basit bir bileşen listesi gereklidir ama yeterli değildir.

Bir sistemin doğal seleksiyona aday olması için asgari işlevini yerine getirmesi gerekir. Bu da fiziksel gerçek şartlarda görevini yerine getirme yeteneğidir. Uygun olmayan maddelerden üretilen bir fare kapanı asgari işlev koşulunu sağlamayacaktır. Ancak, kendisinden bekleneni yerine getiren karmaşık makineler bile çok kullanışlı olmayabilir. Konuyu kafalarda canlandırmak için dünyanın ilk dış motorlu aracının tasarlanıp satıldığını düşünelim. Motor düzgün olarak çalışmakta – gazı kontrollü bir oranda yakmakta, gücü bir mil ile aktarmakta ve pervaneyi döndürmektedir – ancak, pervane saatte sadece bir

kez dönmektedir. Pervanenin yanındaki yanan bir benzin kutusunun onu döndürememesi, her şeyden önce teknolojik bir başarıdır. Amacına uygun çalışmadığı için böyle bir makineyi satın alan insanların sayısı az olacaktır.

Performansın uygun olmayışının iki sebebi olabilir. İlki, makine işlevini yerine getirmiyordur. Gölün ortasında yavaş pervaneli bir botta balık tutan bir çift, limana geri dönemeyecektir. Tabii ki rastgele su akıntıları ya da rüzgârın etkisi de unutulmamalıdır. Performansın uygun olmamasına ikinci bir sebep de, daha basit yollarla yapılan bir işin daha etkisiz bir biçimde gerçekleştirilmesidir. İnsanlar işlevsiz bir motor yerine yelkenliyi tercih edecektir.

Ayrık parçaları sayabildiğimiz eksiltilemez karmaşıklıktan farklı olarak, asgari işlevin tanımlanması bazen zor olmaktadır. Bir motor için saatte bir dönüş yetersizse yüz dönüş için ne söylenebilir? Yine de biyolojik yapıların evriminde asgari işlev önemlidir. Örneğin, bir yaratığın tadına bakabileceği asgari hidrokinon miktarı nedir? Çözeltinin ısısında ne kadar artışı fark edebilir? Eğer canlı varlık çok az bir hidrokinonu ya da ısıdaki az bir değişimi fark etmez ise, bombacı kınkanatlının evrimi konusunda Dawkins'ci öykümüz uzayda zıplayan inek masalının yanında arşive kaldırılacaktır. Eksiltilemez karmaşıklıktaki sistemler, Darwinci evrimin önündeki haylaz engellerdir. Asgari işlev gereksinimi de çelişkiyi artırmaktadır.

SOMUN VE CIVATALAR

Biyokimya birden fazla hücreden oluşan biyolojik bir yapının (organ ya da doku) zorunlu olarak, korkunç bir karmaşıklığa sahip çok farklı, tanımlanabilir sistemlerin karmaşık bir ağ olduğunu göstermiştir. "En basit", kendine yeten eşey hücresi bile değişik zamanlarda ve çok farklı şartlar altında binlerce çeşit protein üretebilme yeteneğine sahiptir. Sentez, ayrıştırma, enerji üretimi, çoğalma, hücre mimarisinin korunması, hareketlilik, düzenleme, tamir, iletişim gibi tüm işlevler, neredeyse tüm hücrelerde gerçekleşmektedir ve her bir fonksiyon sayısız parçanın etkileşimine gereksinim duyar. Her bir hücre böyle birbirine geçmiş bir sistemler ağı olduğu için, çok hücrelilerin Darwinizmin öne sürdüğü şekilde adım adım evrim yoluyla ortaya

çıkıp çıkmayacağını sorarak, Francis Hitching'in yaptığı hatayı tekrarlayabiliriz. Bu, bisikletin evrim yoluyla motosiklete dönmeyeceği, ancak bisiklet fabrikasının evrimleşerek motosiklet fabrikasına dönebileceğini iddia etmeye benzer. Evrimin fabrika seviyesinde değil, somun ve cıvata seviyesinde gerçekleştiği iddia edilir.

Dawkins ve Hitching'in iddiaları temelsizdi, zira üzerine tartışma yaptıkları şeyin ne olduğunu bilmiyorlardı. İleri derecede karmaşık olan sadece göz değildir, Dawkins'in başlangıç noktası olarak ele aldığı "ışığa duyarlı benek" bile kendi başına birçok hücreli organdır; öyle ki hücrelerinin karmaşıklığı yanında motosiklet ya da televizyon seti önemsiz görünmektedir. Bombacı kınkanatlının savunma sistemi sadece etkileşen birkaç bileşene bağlı değildir. Bunun yanında hidrokinon ve hidrojen peroksit üreten hücreler de bunu yapabilmek için çok sayıda bileşene ihtiyaç duyarlar. Katalaz salgılayan hücreler de oldukça karmaşıktır. Toplayıcı keseciği patlama odasından ayıran büzgen kas da bir sistemler sistemidir. Bu yüzden Hitching'in bombacı kınkanatlının mükemmel karmaşıklığından söz etmesi basitçe konu dışıdır. Öte yandan Dawkins'in cevapları, daha fazla ayrıntı istemediğimiz sürece tatmin edici görünüp yanıltıcı olacaktır.

Biyolojik organların aksine basit mekanik nesnelerin analizi, nispeten daha anlaşılır durumdadır. Bir fare kapanının eksiltilemez karmaşıklıkta olduğunu kısaca gösterdik ve onun eksiksiz olduğunu görerek zaten bildiğimiz bir noktaya ulaşmış olduk. Ayrıca bir motosikletin bir bisiklete yapılacak bilinçsiz, küçük ve ardışık iyileştirmelerden üretilemeyeceğini de öğrenmiş olduk ve basit bir analiz bunun imkânsız olduğunu bize göstermektedir. Mekanik nesneler biyolojik sistemler gibi çoğaltılıp değiştirilemez. Ancak hayali bir fabrikada gerçekleşen kıyaslanabilir olaylar tasarlamak, mutasyon ve çoğalmanın mekanik nesnelerin evrimi açısından önemli engeller teşkil etmediğini göstermektedir. Darwinci evrime bizzat engel oluşturan, yapı-işlev ilişkisinin gereksinimleridir.

Makinelerin analizi nispeten kolaydır zira hem işlevleri hem de tüm parçaları, her bir somun ve cıvata bilinmektedir ve listelenebilir. Buna göre bir parçanın sistemin işlevi açısından gerekli olup olmadığı kolayca anlaşılabilir. Eğer bir sistem çalışmak için birbiriyle son derece

uyuşan parçalara ihtiyaç duyuyorsa eksiltilemez karmaşıklıktadır ve tümleşik birim olarak üretildiğini söyleyebiliriz. Biyolojik sistemler ilkesel olarak bu şekilde analiz edilebilir. Ancak böyle bir analiz için sistemin tüm parçaları sayılabilmeli ve işlevleri bilinmelidir.

Son yıllar içerisinde modern biyokimya bazı biyokimyasal sistemlerin tüm ya da çoğu bileşenlerini açıklığa kavuşturdu. Takip eden beş bölümde, bunlardan birkaçını tartışmaya açacağım. 3. bölümde, bazı hücrelerin yüzmek için kullandığı ilginç bir yapı olan Silleri ele alacağım. Sonraki bölümde parmağınızı kestiğinizde neler olduğunu ve basit gibi görünen pıhtılaşma olayının aldatıcı karmaşıklığını ele alacağım. Daha sonra hücrelerin maddeleri içlerinde nasıl taşıdığından ve Federal Expres'in paket taşırken karşılaştığına benzer problemlerden bahsedeceğim. 6. Bölümde, (tabii ki) hücre seviyesinde kendini savunma sanatını ele alacağım. Biyokimya ile ilgili son örnek 7. Bölümde ele alınacaktır. Bu bölümde incelenecek konu, hücrenin kendi yapı taşlarını oluşturmak için ihtiyaç duyduğu karmaşık sistemdir. Her bir bölümde tartışılan sistemin, bilim toplumunun sistemin evrim ihtimali hakkında söylediklerinin yanında, Darwinci tarzda aşama aşama gelişip gelişmeyeceğini de tartışacağım.

Bu beş "örnek bölüm"ünü mümkün olduğunca okunabilir ve eğlenceli yapmaya çalıştım. Biyokimyaya özgü – "sadık kalmak" ya da "kesmek" fikrinden daha zor değil –anlaşılması zor kavramlara girmeyeceğim. Yine de kitabın önsözünde bahsettiğim gibi karmaşıklığın değerini bilmek için onu tatmalısınız. Burada tartıştığım sistemler karmaşıktır zira çok sayıda bileşenden oluşmaktadır. Yine de kitabın sonunda bir sınav yoktur. Burada ayrıntılı açıklamalardan amaçlanan, hafızanızı test etmek değil, karmaşıklığın değerini bilmenizi sağlamaktır. Bazı okuyucular bu bölümleri okurken diğerleri atlayıp zihinlerinin daha fazla ayrıntıya uygun olduğu bir zamanda geri dönmeyi tercih edebilirler.

Materyalin karmaşıklığı için daha baştan affınıza sığınıyorum ancak bu, anlatmaya çalıştığım şeyin özünde vardır. Richard Dawkins, kendi kalbini, muhtevasını basitleştirebilir zira okuyucularını Darwin'in teorisinin çok kolay anlaşılır olduğuna ikna etmeye çalışmaktadır. Ancak evrim teorisinin önündeki engelleri anlamak için karmaşıklığı kavramamız gerekmektedir.

KISIM II

KUTUNUN İÇERİĞİ

III. BÖLÜM
HAYDİ ÇEKİN KÜREKLERİ!

PROTEİNLER

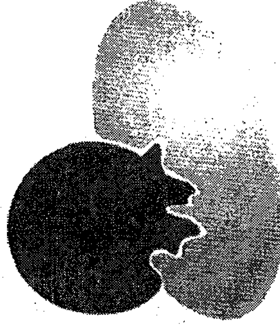
Modern biyokimya, hücrelerin ilginç bir şekilde (moleküler) makineler tarafından yönetildiğini göstermiştir. Moleküler makineler insan yapımı benzerleri (fare kapanı, bisiklet ve uzay mekiği) gibi basit ya da karmaşık, değişik şekillerde ortaya çıkmaktadır: kaslar gibi mekanik, güç üreten makineler; sinirler gibi elektrik makineleri; fotosentez hücreleri gibi güneş enerjisiyle çalışan makineler. Doğal olarak moleküler makineler plastik ve metalden değil proteinlerden yapılmıştır. Bu bölümde hücrelerin yüzmesine imkân sağlayan moleküler makineleri ele alacağım ve siz de bunun gerçekleşmesi için ne gerektiğini göreceksiniz.

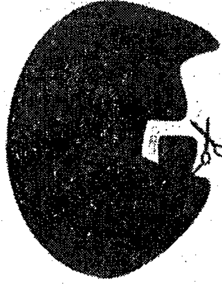
Ancak başlangıçta biraz ayrıntıya girmemiz gerekmektedir. Yaşamın moleküler temelini anlamak için proteinlerin nasıl çalıştığı hakkında fikir sahibi olmalıyız. Tüm ayrıntıları – proteinlerin neden yapıldığı, yapılarının etkili çalışmalarını nasıl sağladığı gibi – bilmek isteyenlere kütüphaneden biyokimyaya giriş kitabı almalarını öneriyorum. Daha az ayrıntı – amino asitlerin nasıl göründüğü ve protein yapısının seviyelerinin ne olduğu – ile yetinenler içinse kitabın sonuna protein ve nükleik asitlerden bahseden bir bölüm koydum. Yine de şu anki hedefimiz için bu kadar bilgi yeterli olacaktır.

Çoğu insan proteinleri yenilen bir şey olarak düşünür. Ancak proteinler canlı bir hayvan ya da bitkinin vücudunda oldukça aktif bir rol oynarlar. Proteinler canlı dokularda yaşam için gerekli yapıları oluşturan ve kimyasal reaksiyonları gerçekleştiren makinelerdir. Örneğin şekerdeki enerjinin yakalanarak vücudun kullanabileceği bir şekle dönüştürülmesinin ilk adımı heksokinaz olarak bilinen katalizör bir protein (enzim olarak da bilinir) tarafından yürütülmektedir. Derinin büyük bölümü kolajen olarak adlandırılan proteinden yapılmıştır. Retinaya ışık çarptığı zaman rodopsin adı verilen bir protein, görme işlemini başlatır. Bu birkaç örnekte bile proteinlerin hayret verici çok yönlülüğünü görebilirsiniz. Bununla beraber bir protein sadece bir ya da birkaç iş yapabilir: Rodopsin'den deri üretilemez ya da kolajen ışıkla etkileşime giremez. Buna göre tipik bir hücre yaşam için gerekli pek çok görevi yerine getirmek için binlerce, çeşit protein içermektedir.

Proteinlerin kimyasal yapısı birbirine bağlanmış amino asit zincirleridir. Tipik bir protein zinciri elli ila bin arasında amino asit bağı içerebilir. Zincirdeki her bir pozisyon yirmi farklı aminoasidin biri tarafından işgal edilmektedir. Bunu alfabeye benzetebiliriz: 26 harf vardır ancak çok sayıda farklı kelime üretilebilir. Aslında biyokimyacılar her bir aminoasidi genellikle tek bir harfle ifade ederler: glisin için G, serin için S, histidin için H gibi. Her bir amino asit çeşidi farklı bir şekle ve farklı kimyasal özelliklere sahiptir. Örneğin W büyüktür ancak A küçüktür, R pozitif yük taşırken E negatif yük taşır, S suda çözünürken I yağda çözünür vs.

Bir proteini işlevsel hale getiren, katlanmış proteinin şekli ve çeşitli amino asit gruplarının hassas konumudur (Şekil 3-1). Örneğin eğer bir proteinin görevi başka bir proteini bağlamak ise ikisinin şekli eldiven ve el gibi uyumlu olmalıdır. İlk proteinde pozitif yüklü bir amino asit varsa diğer proteinde de negatif yüklü bir amino asit olması gerekir; aksi halde bağlanma gerçekleşmeyecektir. Bir proteinin görevi kimyasal bir reaksiyonu katalizlemek ise genellikle enzimin şekli hedefin şekliyle uyum gösterir. Bağlanma gerçekleştiğinde enzimin amino asitleri kimyasal reaksiyona neden olacak şekilde hassas bir konumda olurlar. Boru anahtarı ya da motorlu testerenin şekilleri önemli ölçüde yamulmuşsa işe yaramayacaklardır. Aynı şey proteinler için de geçerlidir.





Şekil 3-1: (Üstte) İki protein bağlandığı zaman şekilleri birbirine oldukça uyumludur. (Altta) Kimyasal bir tepkimeyi katalizlemek için bir enzim bağlayacağı gruplara yaklaşır. Makas, bir molekülü kimyasal olarak kesen bir proteini temsil eder ve şekilde açık renkle gösterilmiştir.

Modern biyokimya proteinlerin neye benzediği hakkında kırk yıl evvel yapılan bilimsel araştırmalarla başlamış oldu. O zamandan bu yana bazı proteinlerin bazı görevleri nasıl yerine getirdiğini anlamak konusunda büyük aşamalar kaydetti. Hücrenin işlemesi genel olarak protein takımları gerektirir. Burada takımın her üyesi büyük bir işin kendi payına düşen kısmını yerine getirir. Bu konuyu mümkün olduğunca basit tutmak için bu kitapta protein takımlarına ağırlık vereceğim. Şimdi yüzmeye gidiyoruz.

YÜZME

Bir yaz günü kendinizi birazcık egzersiz yapmak için civardaki yüzme havuzuna giderken bulduğunuzu farz edin. Güneş kremini üzerinize boca ettikten sonra *Nucleic Acid Research*'tan son makaleleri okumak için havlunun üzerine uzanmış durumdasınız ve havuzun yetişkinler seansının başlamasını bekliyorsunuz. Uzun bir süre sonunda gereğinden kalabalık genç görevliler suyu temizler ve siz de ayak parmağınızı büyük bir dikkatle suya batırırsınız. Vücudunuzun geri kalanını şaşırtıcı derecede soğuk olan suya yavaşça ve acı çekerek indirirsiniz. Atlama tahtasından tuhaf hareketlerle atlayıp etrafa su sıçratmak ya da sizden genç yetişkinlerle su voleybolu oynamak pek hoş karşılanmayacağı için sadece yüzme turları atarsınız.

Sağ kolunuzu, yandan başlayıp başınızın üstünden geçirir ve suya daldırarak bir vuruşu tamamlarsınız. Vuruş sırasında sinir impulsları beyninizden kol kaslarınıza hareket ederek onların belirli bir düzende kasılması için uyarır. Kasılan adaleler kemiklerinizi çeker ve bu da kol kemiklerin yükselmesine ve dönmesine neden olur. Aynı anda diğer kaslar parmak kemiklerinizin sıkıştırır ve eliniz kapalı bir fincan şeklini alır. Ardışık sinir impulsları diğer adalelerin kasılıp gevşemesine, ön kol ve dirsek kemiğinin çeşitli yönlerdeki hareketine ve suyun içine daldırmasına neden olur. Kol ve elin suya uyguladığı güç sizi ileriye iter.

Yukarıda anlatılan faaliyetlerin yaklaşık yarısının tamamlanmasının ardından benzer bir devir sol kolun kas ve kemikleriyle başlar. Eş zamanlı olarak sinir impulsları bacak kaslarınıza ulaşır ve ritmik olarak kasılıp gevşemelerine neden olur. Bu da bacak kemiklerinizin yukarı ve aşağı hareket etmesini sağlar. Bu arada saatte yaklaşık 2 mil gibi düşünmesi bile zor olan sersemletici bir hızla suyu yararak ilerlediğinizde akciğerlerinizde bir yanma hissedersiniz. Gözleriniz açık bile olsa ortalık kararmaya başlar. Çünkü unuttuğunuz bir şey var: Nefes almak. Başkan Ford yürürken aynı anda sakız çiğneyemediğini söyler. Siz de yüzmek için gerekli diğer hareketleri yaparken başı suyun yüzeyinde sağa sola çevirip nefes almanın zor olduğunu düşünebilirsiniz. Metabolizma yakıtı olarak oksijenin yokluğunda beyin "kapanmaya"

başlar. Bu da sinir impulslarınızın vücudunuzun uzak bölgesine gitmesini engeller.

Baygınlık geçirip bir cankurtaran tarafından kurtarılmanın utancını yaşamadan önce durup 4 feet derinliğindeki suyun içinde dikilirsiniz ve havuz kıyısından sadece 20 feet uzaklaşabildiğinizi görürsünüz. Nefes alma sorununun üstesinden gelebilmek için sırtüstü yüzmeye karar verirsiniz. Sırt üstü yüzme serbest yüzmenin pek çok kas hareketini kapsar ve boyun kaslarınızı başka bir şey ile koordine etmek zorunda kalmadan nefes almanıza imkân sağlar. Ancak bu sefer de nereye gittiğinizi göremezsiniz. Kaçınılmaz olarak rastgele bir yere gidersiniz; örneğin voleybol oynayanların arasına gidip kafanıza sağlam bir smaç yiyebilirsiniz.

Voleybolcuların özür dilemesini gerektirecek bir olaydan uzak durmak için havuzun dibine basarak yürümeye karar verebilirsiniz. Böyle yürümek bacak kaslarınızı çalıştırır ki bu da sizin istediğiniz egzersiz olabilir. Ayrıca bu şekilde hem nefes alıp hem de nereye gittiğinizi görebilirsiniz. Ancak birkaç dakika sonra ayağınıza kramp girmeye başlar. Tembel bacaklarınızın derinlerinden bir yerlerde bilmediğiniz ve nadiren kullandığınız adaleler uzun bir dinlenme periyodunun ardından sadece kısa aktiviteler için yakıt bulundururlar. Alışılmamış derecede uzun bir egzersiz sırasında kısa sürede erzak tüketip etkin biçimde çalışamamaya başlarlar. Sinir impulsları yüzme için gerekli hareketleri çılgınca gerçekleştirmeye çalışır. Ancak sağlam işlev görmeyen kaslar ile sizin bacaklarınız yayı kırık bir fare kapanı gibi kullanışsızdır.

Dinlenir ve beklersiniz. Neyse ki vücudunuzun bel etrafındaki geniş bir bölümünün yoğunluğu suyun yoğunluğundan azdır ve böylece yüzeyde kalırsınız. Suyun içinde birkaç gerip açma hareketinden sonra kramp giren kaslarınız gevşer. Yetişkinler seansının geri kalan bölümünü ayağınız dipte sakince salınarak geçirirsiniz. Bu şekilde fazla egzersiz yapmış olmayacaksınız ancak en azından daha eğlencelidir. Tabi ki sürenin bitiş düdüğü çalıncaya ve saygısız çocukların su savaşından nasibinizi almaya başlayıncaya kadar.

YÜZMEK İÇİN NE GEREKİR?

Yüzme havuzu senaryosu yüzmek için gereken şeyleri göstermektedir. Ayrıca temel yüzme donanımına güçlendirici eklemeler yapılarak verimliliğin arttırılabileceği de görülmektedir. Öncelikle son sahneyi ele alırsak salınma için tek gerekli olan şey, cismin suya göre daha az yoğun olmasıdır. Başka bir eyleme gerek yoktur. Vücudun bir bölümünü herhangi bir çaba sarf etmeden su üstünde tutarak salınma yeteneği bazen kullanışlı olabilir. Ancak salınan cisimler akıntı yönünde hareket edeceği için salınma ve yüzme aynı şey değildir.

Görme gibi bir yön bulma yeteneği de yüzmek için yararlı olabilir ancak bu da yüzmekle aynı şey değildir. Hikâyeye göre sırt üstü yüzerken de suda ilerleyebiliyordunuz. Ancak etraftan habersiz olmak kazalara neden olabilir. Yine de bir kişi, görse de görmese de yüzebilir.

Yüzmenin enerji gerektirdiği açıktır. Kramp girmiş ve işe yaramayan kaslar kısa sürede sistem hatasına neden olur. Ancak oksijen bitmeden 20 feet gidersiniz ve ayaklarınıza kramp girmemesi için kısa bir süre suyun içinde yere basarsınız. Yakıt sağlama sisteminin boyutları ve verimliliği, bir yüzücünün gidebileceği mesafeyi kesinlikle etkilese de bu sistem de yüzme sisteminin bizatihi bir parçası değildir.

Şimdi de yüzmenin mekanik gereksinimlerini ele alalım. Suyla temas edip onu itmek için el ve ayaklarınızı kullanır ve böylece vücudunuzu aksi yönde ilerletirsiniz. Kol ve bacaklar ya da onların yerini tutacak bir şey olmaksızın faal bir biçimde yüzmek tamamen imkânsızdır. Buna göre yüzmek için gerekli şeylerden birisinin bir palet olduğu sonucuna varabiliriz. Diğer bir gereksinim de en azından son birkaç harekete yetecek kadar yakıt bulunduran bir motor ya da güç kaynağıdır. İnsanlardaki organ seviyesinde motor, sırayla kasılıp gevşeyen kol ya da bacak kaslarıdır. Eğer kaslardan birisi felç olmuşsa ortada çalışan bir motor yoktur ve yüzmek de imkânsızdır. Yüzmek için gerekli olan şeylerden sonuncusu ise motor ile palet arasında bir bağlantıdır: İnsanlarda bu bağlantı kemiklerde bulunan ve kasların yapışık olduğu alanlardır. Bir kas, bağlı olduğu kemikten ayrılırsa hala kasılmaya devam eder ancak kemiği hareket ettiremeyeceği için yüzme gerçekleşmez.

Yüzme sistemlerinin mekanik örneklerini bulmak kolaydır. Benim en küçük kızımın bir oyuncağı var. Kurulduğu zaman kuyruğunu hareket ettiren ve küvetin içinde kaba hareketlerle yüzen oyuncak bir balık bu.. Oyuncağın kuyruğu palet yüzeyidir ve kurulu yay da enerji kaynağıdır. Aradaki mil de enerjiyi kuyruğa aktarır. Kuyruk, motor ya da milden birisi bile eksik olsa balık hiçbir yere gidemez. Yaysız bir fare kapanı gibi paletsiz bir yüzme sistemi de kesinlikle eksik olacaktır. Buna göre çalışmak için birden fazla parçaya ihtiyaç duyan yüzme sistemi de eksiltilemez karmaşık bir sistemdir.

Tartıştığımız şeyin en ilkel seviyede bütün yüzme sistemlerinde ortak olan bölümler olduğunu unutmayın. Daha fazla karmaşıklığın olduğu durumlar oldukça sıktır. Örneğin kızımın oyuncağında kuyruk, yay ve milin yanında gücü milden kuyruğa aktaran çarklar bulunmaktadır. Pervaneli bir gemide motorun enerjisini taşıyıp en sonunda pervaneye ulaştıran her çeşit çark ve mil mevcuttur. Bir yüzücünün yüzme sisteminden ayrı olan gözlerinden farklı olarak bir gemideki çark ve miller gerçekten de sistemin bir parçasıdır. Bu parçalar çıkarıldığında tüm sistem gıcırdayarak stop edecektir. Bir gerçek yaşam sistemi teorideki minimum parçalardan daha fazlasını içeriyorsa bu fazla parçaların her birinin sistemin çalışması için gerekli olup olmadığını kontrol etmelisiniz.

YÜZMEK İÇİN BAŞKA NE GEREKİR

Basit bir parça listesi asgari gereksinimleri göstermektedir. Son bölümde bir çekiç, taban, yay, dil ve tutucu çubuk gibi gerekli tüm parçalara sahip olduğu halde yine de çalışmayan bir fare kapanından bahsetmiştim. Örneğin tutucu çubuk çok kısa ya da yay çok gevşek olursa kapan yine de çalışmayacaktır. Bir yüzme sisteminin parçaları da aynı şekilde en azından asgari anlamda işlevsel olabilmek için diğer parçalarla uyumlu olmalıdırlar. Palet gereklidir ancak yüzeyi çok küçük olursa tekne gerekli zamanda yeterli mesafede ilerlemeyebilir. Aksine, çok büyük olursa bağlayıcı ya da motor hareket esnasında gerilerek kırılabilir. Ayrıca motorun da küreği hareket ettirebilmesi için yeterince güçlü olması gerekir. Uygun bir hızda gitmeye ayarlan-

mış da olması gerekir. Çok yavaş olursa yüzücü gerçek bir ilerleme sağlayamaz. Çok hızlı olursa da bağlayıcı ya da palet kırılabilir.

Bir yüzme sisteminin doğru parçaları elimizde olsa ve bu parçalar da doğru boyut ve kuvvette olup birbirleriyle uyumlu olsalar da daha fazlasına ihtiyaç vardır. İlave gereksinim palet vuruşlarının zamanlama ve yön kontrolüdür ki, pervaneli tekneye nazaran yüzen bir insanda daha net bir şekilde görülebilmektedir. Yüzme bilmeyen birisi suya düştüğü zaman yardıma muhtaç bir şekilde kol ve bacaklarını rastgele hareket ettirir ve yapabileceği tek şey suyun üstünde salınmaktır. Kol ve bacaklarını çırpmayı henüz öğrenen benim en büyük kızım gibi yeni başlayan bir yüzücü bile babasının yardımı olmadan çabucak batmaktadır. Hareketleri tek tek ele alındığında yeterlidir ancak bu hareketler koordineli olmadığı için vücudunu suya paralel tutamamaktadır. Ayrıca kafasını da suyun dışında tutmaktadır.

Mekanik sistemlerin böyle sorunları olmadığı görülmektedir. Bir gemi pervanesini savurur gibi döndürmez ve bir motorlu teknenin vuruşları başlangıçtan itibaren düzenlidir. Ancak görünüş yanıltıcıdır. Fazla zahmet gerektirmiyor gibi görünen işlevler teknenin çark, rotor ve motorunun şekil ve bağlantısında hâlihazırda bulunmaktadır. Çark bordalarının düzgün dairesel bir çerçeve etrafında olmadığı bir buharlı motor düşünün. Bordalar rastgele açılarda hareket ettikçe rotor sağa, sola, öne, arkaya dönecektir. Teknede Mississippi'de manzarayı seyrederek gezinmek yerine Meksika Körfezi'nin akıntısına göre sürükleneceksiniz. Kanatları rastgele takılmış bir pervane suyu karıştıracak ancak tekneyi belirli bir yöne hareket ettiremeyecektir. Mekanik bir pervane sisteminin, yüzme bilmeyen bir insanın karşılaştığı zorluklara kıyasla, kolay tasarım görüntüsü sadece bir aldatmacadır. Sistemi tasarlayan mühendis onu suyu doğru zamanda doğru yere itecek şekilde "yüzme eğitimi" vermiştir.

Doğanın affetmeyen yapısında suda çaresizce çırpınarak enerji sarf eden bir organizmaya göre sakince salınan bir organizma daha avantajlıdır. Peki, bir hücre yüzebilir mi? Cevap evetse bunun için hangi sistemi kullanır? Yüzebilen hücreler de Mississippi'deki buharlı motorlar gibi eksiltilemez karmaşıklıkta mıdır? Kademeli olarak evrimleşmiş olabilirler mi?

SİLLER

Bazı hücreler sillerini kullanarak yüzerler. Kabaca tarif etmek gerekirse bir sil saç teline benzer ve çırpma hareketi yapar. Eğer bir hücre serbestçe hareket edebileceği bir sıvının içinde ise siller hücreyi küreğin tekneyi hareket ettirdiği gibi yüzdürür. Eğer diğer hücrelerin oluşturduğu bir tabakanın içine gömülü durumdaysa çırpma hareketi yapan siller hareketsiz hücrenin üzerindeki sıvıyı hareket ettirir. Doğada her iki işi yapan sillere de rastlanmaktadır. Örneğin, spermler yüzmek için silleri kullanır. Bunun yanında nefes borusunun iç çeperindeki hücrelerin her birinde yüzlerce Sil vardır. Bu sillerin hepsi de Roma kalyonlarındaki kürek mahkûmları gibi uyum içinde dalgalanarak mukozanın dışarı atılması için yukarı hareket etmesini sağlar. Bu hareket ile nefes alırken is gibi yanlışlıkla içeri çekilmiş küçük yabancı maddelerin uzaklaştırılması sağlanır.

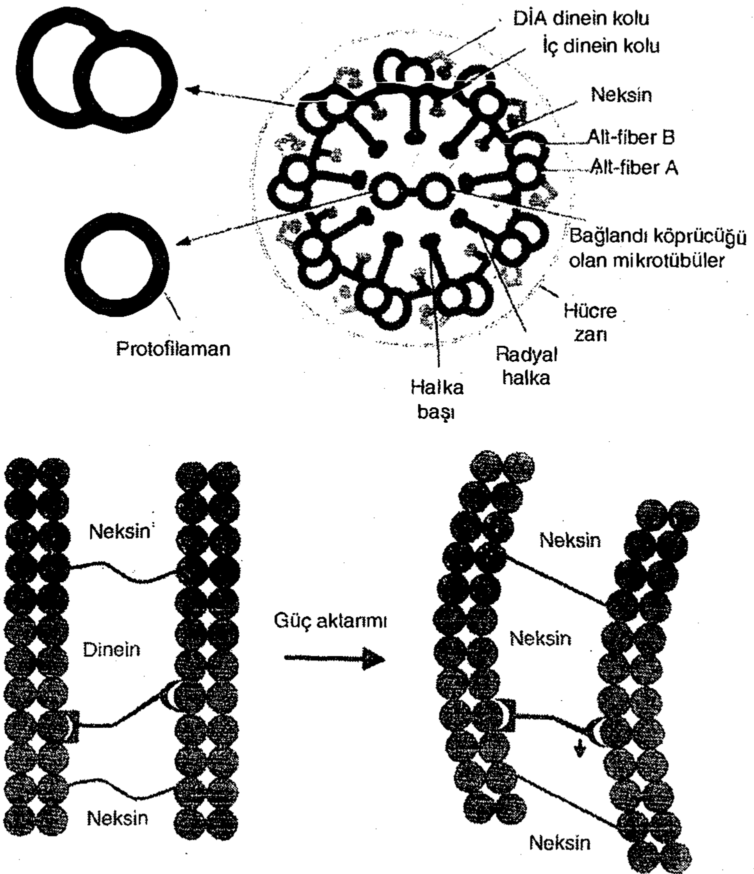
Işık mikroskobu bazı hücrelerin etrafındaki tüycükleri göstermişti ancak sillerdeki, Liliput ayrıntılarının keşfedilmesi için elektron mikroskobunun icadı beklenmeliydi. Elektron mikroskobu sillerin sanılandan tamamen farklı bir yapıda olduğunu göstermiştir. Bundan sonraki birkaç sayfada sillerin yapısını anlatacağım. Şekil 3-2'yi takip ederek bu konuyu daha kolay anlayabilirsiniz.

Siller zarla örtülü lif yığını ihtiva eder.[37] Bir çeşit plastik kaplama olarak düşünülebilecek sil zarı, hücre zarının dışarıya doğru uzamasıyla oluşur. Buna göre hücrenin içi ile silin içi birbiriyle bağlantılıdır. Bir Sil enlemesine dilimlenir ve bu dilimler elektron mikroskobu altında incelenirse dokuz adet mil benzeri yapının çeperde sıralanmış olduğu görünür. Bu miller mikrotüp olarak adlandırılır. Yüksek kalitede alınmış fotoğraflar yakından incelenirse dokuz mikrotüpten her birinin aslında ikişer tane birbirine kaynaşmış halka içerdiği görülebilir. İncelemeye devam edilirse halkalardan birinin on üç bağımsız telden oluştuğu anlaşılacaktır. İlkine eklenmiş durumda olan diğer halka ise on telden oluşmaktadır. Kısaca özetlersek Sildeki dokuz mikrotüpün her

---

37 Siller hakkında iyi bir genel bilgi için bkz. Voet, D. and Voet, J. G. (1995) *Biochemistry*, 2nd. ed., John Wiley and Sons, New York, s. 1253-1259.

biri birbirine kaynaşmış ve biri on diğeri on üç telcikten oluşan iki halkadan oluşmaktadır.



Şekil 3-2: (Üstte) Dış mikrotüplerin kaynaşmış çift halkalı yapısını, merkezdeki mikrotüplerin tek halkalı yapısını, bağlantı proteinlerini ve dinein motoru gösteren dikey bir sil kesiti. (Altta) Yürüyen komşu bir mikrotüpün dineinin sayesinde yaptığı kayma hareketi esnek bağlantı proteini neksin ile eğilme hareketine dönüşür.

Biyokimya deneyleri mikrotüplerin ana maddesinin tubulin adı verilen bir protein olduğunu göstermiştir. Hücre içinde tubulin mole-

külleri fabrika bacası oluşturan tuğlalar gibi silindir oluşturacak şekilde biraraya gelmişlerdir. Her bir dış mil, tubulin tuğlalarından oluşan, kaynaşmış çift bacayı andıran bir mikrotüptür. Elektron mikroskobundan elde edilen görüntüler Silin ortasında da iki tane mil olduğunu göstermektedir. Onlar da mikrotüptür. Ancak çift baca değil de bağımsız bacalardır ve her biri on üç tubulin telinden oluşmaktadır.

Hücre içindeki şartlar olumlu (örneğin ısı belirli limitler içinde ve kalsiyum yoğunluğu olması gerektiği gibi) ise tubulinler (bacaları oluşturan tuğlalar) mikrotüp oluşturmak için otomatik olarak biraraya gelir. Tubulinleri bir arada tutan güç bağımsız proteinleri belirli bir şekilde bir arada tutan etkilere çok benzer: pozitif yükler negatif yükleri çeker, yağlı amino asitler biraraya gelerek suyu dışarı atar vs. Tubulin molekülünün bir ucunun yüzeyi ikinci bir tubulin molekülünün diğer yüzünü tamamlayacak bir şekle sahiptir ve böylece ikisi birbirine yapışabilir. Üçüncü bir tubulin molekülü de ikinciye, dördüncüsü de üçüncüye yapışacaktır vs. Bunu ton balığı konservesi yığınına benzetebiliriz. Ailemin alış veriş yaptığı bakkalda satılan konservelerin dipleri girintili olduğu ve çapları aynı olduğu için üst üste sıkıca oturmaktadır. Bu yığına hafifçe vurulsa bile devrilmeyecektir.

İki kutu üst-alt şeklinde değil de ikisinin de üst kısmı birbirine temas edecek şekilde konulursa pek sağlam olamayacaktır ve kaza sonucu devrilme ihtimali yüksektir. Ya da örneğin X markası ürettiği kutuların diplerini girintili yapmazsa aynı şekilde sağlam bir yığın oluşturulamaz, zira kutuların birbirini tamamlayıcı yüzleri olmayacaktır. Tubulin moleküllerinin birlikteliği ton balığı konservelerine göre daha belirgindir. Hepsinden öte bir hücre içinde binlerce çeşit protein vardır ve tubulin molekülü başka moleküllerle değil sadece diğer tubulinlerle birleşebilmelidir. Belki de tubulinin bir yüzeyinde on tane iğne gibi çıkıntı ve diğer yüzeyinde de bunlara tamamen uyumlu on tane girinti olan ton balığı konserve kutusuna benzetebiliriz. Artık ton balığı konserveleri başka konservelerle yığın oluşturamayacaktır.

Konserve örneğimizi daha da ileriye götürelim ve şöyle düşünelim: Kutunun bir tarafında çok sayıda çıkıntı var ve bunlar diğer taraftaki girintilerin tamamına değil ancak büyük bölümüne uygun olsun. Kutuları yine yan yana koyabiliriz ancak delikler çıkıntılarla birebir

uymadığı için birden fazla kutu nihayetinde çember şeklinde kapalı bir çevrim oluşturacaktır. Bu çemberleri üst üste koyarsak bacaya benzer bir yapı elde ederiz.

Tubulin'in kendisini mikrotüplere katma gücü olsa da mikrotüpler diğer proteinlerin yardımı olmadan başka bir mikrotüp ile biraraya gelemez. Bunun iyi bir sebebi vardır; mikrotüplerin hücre içinde yapacak başka işleri de vardır. Bu işlerin çoğu için de bağımsız mikrotüpler gerekir. Ancak Sil hareketi gibi diğer işler için biraraya gelmiş mikrotüplere ihtiyaç vardır. Yani ortamdaki mikrotüpler belirli bir iş için biraraya gelmedikleri sürece, çubuk toplama oyunundaki çubuklar gibi, bağımsızdır.

Bir elektron mikroskobu tarafından alınan Sil fotoğraflarında bağımsız mikrotüpleri birbirine bağlayan farklı konektörler görülebilir (Şekil 3-2). Silin ortasındaki iki merkezi mikrotüpü bağlayan şey bir proteindir. Ayrıca her bir mikrotüp çiftinden Silin ortasında boydan boya giden dikey bir bağ da bulunmaktadır. Yapının ucunda tekerlek parmağı kafası adı verilen yumru şeklinde bir kitle vardır. Son olarak bu mikrotüp çiftleri neksin adı verilen bir protein ile iki yanındaki mikrotüplere bağlanmıştır.

Çeperdeki mikrotüpleri donatan iki çıkıntı daha vardır. Bunlar iç kol ve dış kol olarak adlandırılır. Biyokimyasal analizler bu çıkıntıların dinein adı verilen bir protein içerdiklerini göstermiştir. Dinein, motor proteinler sınıfındandır; hücrede mekanik hareket sağlayan minik motorlar gibi işlev görürler.

SİLLER NASIL İŞLEV GÖRÜR?

Kompleks bir makinenin yapısını bilmek onun nasıl çalıştığını bilmekle aynı anlama gelmemektedir. Bir kişi arabanın kaputunu açıp bir işe yaramayacak fotoğraflar çekebilir. Ancak bu enstantaneler farklı parçaların ne işe yaradığı hakkında net bir fikir vermeyecektir. Nihayetinde bir şeyin nasıl çalıştığını bulmak için parçalara ayırmalı ve tekrar birleştirmelisiniz. Birleştirirken de pek çok kez durup makinenin eski işlevini geri kazanıp kazanmadığını kontrol etmeniz gerekir. Bu bile makinenin nasıl çalıştığı hakkında kesin bir fikir vermez ama hangi parçaların önemli olduğunu anlayabilirsiniz. İçinde bulunduğumuz

yüzyılda biyokimyanın temel stratejisi de moleküler sistemleri ayırıp tekrar birleştirmektir. Bu strateji hücrenin faaliyetlerinin anlaşılmasında çok önemli bir yer edinmiştir.

_ Bu tarz deneyler biyokimyacılara Sillerin nasıl çalıştığı hakkında ipuçları vermiştir. İlk ipucu izole edilmiş Sillerden gelmiştir. Tabiat öyle bir düzenleme vardır ki, Silleri hücreden ayırmak için kuvvetli bir sarsıntı gerekmektedir. Bu titreşimler çıkıntıları temiz bir biçimde koparacak ve çözelti büyük parçaların çabucak çökmesi için hızla karıştırıldığı takdirde, deney tüpünde sadece Sillerden oluşan saf bir çözelti elde edilecektir. Eğer Siller zarlarından ayrılır ve ATP adı verilen bir kimyasal enerji kaynağına maruz bırakılırsa, yine kırbaç hareketi yapacaklardır. Bu da Sil hareketine güç sağlayan motorun şu anda Silden uzaklaştırılmış durumdaki hücrenin değil, bizzat Silin içinde olduğunu göstermektedir. Sonraki ipucu, da dinein kollarına ayrılır, ancak silin geri kalanına dokunulmazsa Siller katılaşmış ceset gibi felç olmaktadır. Katılaşmış Sillere yeniden dinein verilirse hareket yeteneklerini geri kazanmaktadırlar. Buna göre Sil motoru dinein kolların içindedir.

Devam eden deneyler daha fazla ipucu vermiştir. Proteaz adı verilen ve proteinleri parçalayarak amino asit haline getiren bir enzime rastlanmıştır. Sil içeren çözeltiye kısa bir süre için az bir miktar proteaz eklendiği takdirde, proteaz kısa sürede Silin çeperlerindeki neksin bağlarını dilimlere ayırır ancak Silin geri kalanına etki etmez. Proteazın bağlara hemen hücum etmesinin sebebi neksin bağlarının Sildeki sıkıca bağlanmış diğer proteinlerden farklı olarak gevşek ve esnek zincirler halinde bulunmasıdır. Gevşek oldukları için proteaz bir makasın kâğıt kurdeleyi kesmesi kadar çabuk bir şekilde nexin bağlarını keser. Proteazın kuvvetli bağlarla bağlanmış diğer proteinleri kesmesini de makasın bir kitabı kesmesine benzetebiliriz.

Proteaz biyokimyacıların neksin olmadan Silin nasıl hareket edeceğini görmelerini sağladı. Bağlar kopartılırsa ne olur? Belki yine eskisi gibi işlev görür, belki de dinein kollarının olmadığı durumdaki gibi felç olurlardı. Gerçek ikisi de değildi. Neksin bağı olmayan Siller beklenmedik bir şey yaptı. Enerji verildiği zaman bükülmek yerine hızlıca açıldı. Bağımsız mikrotüpler açılan bir radyo anteni gibi diğerinden

geçmeye başladı. Bu hareket, sil boyutu on katına çıkıncaya kadar devam etti. Bunu gözleyen biyokimyacılar, bağımsız mikrotüpler hareket ettiği için motorun çalıştığı sonucuna vardılar. Ayrıca bükülmeye çalışan bir silin neksin bağlarına ihtiyaç duyduğunu kabul ettiler.

Bu ipuçlarına dayanılarak silin çalışma modeli çıkarıldı (bkz. Şekil 3-2). Birbirine sıkıca tutunan ton balığı konservelerinden oluşan çok sayıda baca düşünün. Bu bacalar birbirine gevşek kablolarla bağlı olsun. Bacalardan birisine iliştirilmiş küçük bir motor ve bu motorun dışarıya uzanan ve komşu bacaya tutunan bir de kolu olsun. Motor, kolu ikinci bacaya iterek onu birincisine geçirmektedir. Bacalar birbirine geçtikçe kablolar gerilecektir. Motor, kolu daha fazla ittikçe kabloların gerginliği bacaları eğimli bir şekle sokacaktır. Yani kayma hareketi eğme hareketine dönüşecektir. Şimdi benzetmeyi biyolojik bir dile aktaralım. Mikrotüpteki dinein kollar komşu bir mikrotüpe bağlıdır ve dinein komşusunu hareket ettirmek için ATP'nin biyolojik enerjisini kullanır. Bu olunca iki mikrotüp birbirine geçer. Neksin'in yokluğunda ayrılıncaya kadar kaymaya devam ederler ancak proteinler arasındaki neksin bağları kısa bir mesafeden fazla hareket etmelerini engeller. Esnek neksin bağları azami uzunluğa erişince dineinin daha fazla hareketi mikrotüplerdeki neksin bağlarını çeker. Şans eseri mikrotüpler biraz esnektir. Dolayısıyla dineinin neden olduğu kayma hareketi eğilme hareketine dönüşür.

Şimdi geriye dönüp sil hareketine tekrar bakıp bize ne gösterdiğini anlamaya çalışalım. Silin çalışması için hangi bileşenler gereklidir. Sil hareketi kesinlikle mikrotüplere ihtiyaç duyar. Aksi takdirde kayacak iplikler olmayacaktır. Ayrıca bir motor gereklidir; diğer türlü Sil felç olup hareketsiz kalacaktır. Bunların yanında komşu iplikleri çekmek için bağlara ihtiyaç vardır; bu sayede hem çekme hareketi eğme hareketine dönüşecek hem de yapının birbirinden kopmadan tek parça halinde kalması sağlanacaktır. Tüm bu parçalar tek bir işlevi yerine getirmek içindir: Sil hareketi. Nasıl ki bir fare kapanı kendisini oluşturan parçalarının birinin bile yokluğunda çalışmıyorsa sil hareketi de mikrotüp, bağlar ve motorlar olmadan oluşmayacaktır. Buradan da Sillerin indirgenmez karmaşık sistemler olduğu sonucuna varabiliriz.

Bu da tedriciliği öne süren Darwin'in evrim teorisi için büyük bir meydan okumadır.

Silin eksiltilemez karmaşık olması kimseyi şaşırtmamalıdır. Bu bölümde daha önceden bir yüzme sisteminin gereksinimlerinin suyla temas eden bir palet, motor ya da başka bir enerji kaynağı ve bu ikisini bağlayan bir çubuk olduğunu görmüştük. Kızımın oyuncağından büyük gemilere kadar bir palet yardımıyla hareket ettirilen tüm sistemler bu bileşenlerin birisinin yokluğunda çalışmayacaktır. Sil de bu kategoride olan bir yüzme sistemidir. Yüzeyleri suyla temas edip onu iten mikrotüpler paletlerdir. Dinein kolları sistemin hareketi için güç sağlayan motorlardır. Neksin kolları da motorun sağladığı gücü komşu mikrotüpe ileten bağlardır.[38]

Sil ve diğer yüzme sistemlerinin karmaşıklığı görevin özünde mevcuttur. Bu, sistemin büyük ya da küçük olmasından, bir hücreye ya da gemiye ait olmasından bağımsız bir durumdur. Pedalı hareket ettirmek için çeşitli bileşenlere ihtiyaç vardır. Sorulması gereken soru Silin nasıl oluştuğudur.

DOLAYLI YOL

Richard Dawkins gibi bazı evrimci biyologların hayal gücü oldukça geniştir. İstediğiniz herhangi bir biyolojik yapı hakkında başlangıç noktasından itibaren herhangi bir hikâye uydurabilirler. Bu yetenek değerli olabilir, ancak madalyonun iki yüzü vardır. Sıradan insanların, kendi belirledikleri evrim süreçlerine çok fazla dikkat etmeyeceklerini düşünen bu bilim adamları bizzat kendileri de yazdıkları senaryodaki ayrıntı ve engelleri göz ardı etme eğilimindedirler. Ancak bilim ilgili detayları nihai olarak göz ardı edemez ve moleküler seviyeye geldiğiniz zaman tüm detaylar önemlidir. Moleküler bir cıvata ya da somun kayıp ise tüm sistem çökecektir. Sil, eksiltilemez karmaşık olduğu için onu oluşturan tedrici bir yol yoktur. Dolayısıyla Sil hakkında yazılacak evrimci bir hikâye, dolaylı bir yol izlemelidir. Belki de

---

[38] Bu sistemde başka bağlayıcılar da mevcuttur. Örneğin dinein kolların mikrotüplerle teması aynı zamanda bağlayıcı işlevi görür. Daha önce de söylenildiği gibi bir sistem düşünülen en basit sistemden daha karmaşık olabilir ve Siller de böyle bir sisteme örnektir.

köken itibariyle başka amaçlarla kullanılan parçalar tasavvur etmelidir. Öyleyse şimdi hücre içinde önceden beri var olan parçaları kullanan Sil için mantıklı bir dolaylı yol düşünmeye çalışalım.

Başlangıç olarak mikrotüplerin pek çok hücrede şekil koruyucu kirişler olarak var olduğunu belirtmeliyiz. Daha da ötesi motor proteinler, bir hücreden başka hücreye yük taşımak gibi başka hücre işlevlerine katkıda bulunduğu da bilinmektedir. Ayrıca motor proteinler, mikrotüpleri bir noktadan diğerine giden küçük otobanlar olarak kullanıp, seyahat etmektedirler. Dolaylı evrimci bir senaryo, çok sayıda mikrotüpün muhtemelen hücrenin belirli şeklini takviye etmek için bir noktada biraraya geldiğini iddia edebilir. Bundan sonra da normalde mikrotüplerde seyahat eden bir motor proteini, tesadüfen iki komşu mikrotüpü itme yeteneği kazanmıştır ve bu da organizmanın yaşamasına bir şekilde katkıda bulunan hafif bir eğim hareketine neden olmuştur. Devam eden küçük gelişmeler modern zamanlarda rastladığımız sili ortaya çıkarmıştır.

Bu senaryo ilginç olabilir, ancak önemi detaylar atlanmıştır. Bu dolaylı senaryo hakkında çoğu biyoloğun fazla sabır gösteremeyeceği bir soruyu sormamız gerekiyor: Ama gerçekler nasıldır?

Örneğin, bir fare kapanı yapmak istediğinizi düşünün. Garajınızda platform olarak kullanabileceğiniz eski bir buzlu şeker çubuk, eski kurmalı saate ait bir yay, çekiç olarak kullanabileceğiniz levye şeklinde bir parça metal, tutucu çubuk olarak bir örgü iğnesi ve son olarak da fareyi yakalamak için bir fincan bulabilirsiniz. Ancak bu parçalar büyük değişiklikler yapılmadan çalışan bir fare kapanı oluşturmaya yetmeyecektir ve bu değişiklikler gerçekleşirken bir fare kapanı olarak çalışamayacaklardır. Bu parçaların eski işlevleri onları yeni bir kompleks sistemdeki yeni bir rol için hiç de uygun olmayan bir yapıya büründürmüştür.

Silin durumunda da benzer problemler vardır. Tesadüfen mikrotüplere yapışan değişmiş proteinler onların, taşıma amacıyla kullanılan otoban görevi yapmasını engelleyecektir. Mikrotüpleri gelişigüzel biraraya getirip bağlayan bir protein de hücrenin şeklini bozacaktır (bunu, yanlış döşenmiş kabloların binayı destekleyen kirişleri kazayla biraraya getirmesinin, binanın şeklini değiştirmesine benzetebiliriz). Yapısal destek için mikrotüp yığınını güçlendiren bir bağ, esnek neksin bağından farklı olarak, onların esnekliğini azaltacaktır.

Mikrotüplere yeni bağlanan düzensiz bir motor proteini, bir arada durması gereken mikrotüpleri birbirinden ayıracaktır. Yeni oluşmaya başlayan Siller hücre yüzeyinde olmayacaktır. Siller hücrenin içinde olacağı için yaptıkları kırbaç hareketi hücreye zarar verecektir. Bununla birlikte hücre yüzeyinde olsalar bile motor proteinlerin sayısı Silleri hareket ettirmeye yeterli olmayacaktır. Sil hareket etse bile hantal bir vuruş hücreyi hareket ettiremeyecektir. Son olarak hücre hareket etse bile bu sadece enerji kullanan ve hücrenin ihtiyacına uymayan bir hareket olacaktır. Yeni oluşan bir Silin hücrenin kullanımına uygun hale gelinceye kadar üstesinden gelmesi gereken çok sayıda zorluk vardır.

BİLİNMESİ GEREKEN ŞEY

Sil, farklı disiplinlerden bilim adamlarını biraraya getiren ilginç bir yapıdır. Onun boyut ve yapısının düzeni biyokimyacıların ilgisini çeker. Güçlü darbelerinin dinamiği biyofizikçileri heyecanlandırır. Bileşenlerinde çok farklı gen kodlarının bulunması moleküler biyolojiyle ilgilenenlerin kafasını meşgul eder. Doktorlar bile onunla ilgilenmektedir zira Siller tıp açısından önem taşımaktadır: Enfeksiyona yol açan bazı mikroorganizmalar Sillidir ve kalıtsal sistit fibrosit hastalığında akciğerlerdeki Siller engellenmiş durumdadır. İnternette yapılacak hızlı bir araştırma ile başlığında Sil ve benzeri kelimeler geçen ve yakın geçmişte yazılmış binden fazla dokümana rastlamak mümkündür. Konuyla ilgili raporlar *Science*, *Nature*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *Biochemistry*, *Journal of Biological Chemistry*, *Journal of Molecular Biology*, *Cell* gibi önemli basın organlarında yayınlanmıştır. Son yıllarda Siller hakkında on bine yakın makale yayınlanmıştır.

Sil hakkında geniş bir literatür olduğu, çok farklı alanlardan ilgi gördüğü ve evrim teorisinin tüm modern biyolojiye temel teşkil edecek kadar oranda kabul gördüğü için, Silin evrimleşmesinin profesyonel literatür açısından önemli bir araştırma konusu olması beklenebilir. Ayrıca bazı ayrıntıların izahı diğerlerinden daha zor olsa da Silin sötde evrimi hakkında bilimin genel anlamda bir bakış açısı oluşmuştur. Onun muhtemelen geçirdiği aşamalar, ilk aşamalarda karşılaştığı sorunlar, çözüm yolları, bir yüzme sistemi olarak farazi ilkel Silin çalışması... bu konuların hepsi üzerinde gerçekten titizce çalışılmıştır. Bununla birlikte son yirmi yılda gerçek mekanik kurallarını dikkate alarak Sil

evrimine model öneren sadece iki makale yayınlanmıştır. Daha da kötüsü söz konusu evrim senaryosunu aktaran bu iki makale birbiriyle anlaşamamaktadır. Bu raporların ikisi de bir sil ya da fare kapanı gibi mekanik bir aletin kullanılmaz hale gelmesine neden olacak önemli nicel ayrıntıları ve olası problemleri gündeme getirmemektedir.

T. Cavalier Smith tarafından yazılan ilk makale, *BioSystems* adlı dergide 1978 yılında yayınladı.[39] Bu raporda, başlangıçta Sil diye bir yapıdan yoksun olan bir hücre neslinde söz konusu yapının gelişimindeki adımlardan birisi için bile gerçekçi, nicel bir model sunmaya çalışmamıştır. Bunun yerine Silin oluşumuna giden yolda yazarın önemli olduğunu düşündüğü olayları tasvir etmektedir. Bu hayali adımlar kamçı (uzun Sillere verilen ad) gibi yapılardan bahsetmektedir: "Kamçı çok karmaşık yapıda olduğu için evrim sürecinde çok sayıda aşama olmalıdır". "Tahminimce kamçının başlangıçta hareket etmeye ihtiyacı yoktu; bunlar sadece ince hücre çıkıntılarıydı." "Organizmalar çok farklı aksonemal (Sil ya da kamçının ortasını oluşturan lifler yığını) yapılarla birlikte evrimleşmişlerdir." "Işığa yönelme hareketi muhtemelen kamçı ile eş zamanlı gelişmiştir."

Yukarıdaki alıntılar evrimci biyolojinin genel karakterini yansıtan bulanık düşünceleri tasvir etmektedir. Organizmanın faal yüzme yeteneğini geliştirebilecek kaç özel değişikliğin olabileceğine dair hesaplama ya da belgelere dayanan öngörüler gibi nicel detayların eksikliği, böyle bir öyküyü, Silin evrimleşmesini açıklama konusunda tamamen işe yaramaz kılmaktadır.

Hücre biyolojisine önemli katkıları bulunan ünlü bir bilim adamı olan yazarın, raporu gerçekçi bir model sunma niyetiyle yazmadığını da hemen söylemeliyim. Sadece tahrik edici olmaya çalışmıştı. Konuyla ilgilenen diğer insanları, oluşturduğu parlak ancak aslında zayıf modele çekmeyi planlıyordu; bir iskelet oluşturduğunu düşünmüştü ve insanları buna et giydirmeye teşvik ediyordu. Böyle bir tahrik, bilim açısından önemli bir hizmet sayılabilir. Ne yazık ki hiç kimse modeli geliştirmek için çalışmadı.

Bu ilk rapordan dokuz yıl sonra, Macar bir bilim adamı olan Eörs Szathmary tarafından yine pek çok yönden ilk rapora benzer

39 Cavalier-Smith, T. (1978) "The Evolutionary Origin and Phylogeny of Microtubules, Mitotic Spindles, and Eukaryote Flagella", *BioSystems, 10*, 93-114.

şekilde ikinci bir rapor yazıldı ve *BioSystems*'te yayınlandı.[40] Szathmary, Lynn Margulis'in öncülüğünü yaptığı ve Sillerin yüzen bir spiril bakteri türünün tesadüfen kendisini ökaryot bir hücreye eklemesi sonucu ortaya çıktığını öne süren fikrin savunucusudur.[41] Bu düşüncenin en büyük problemi spiril bakterilerin Sillerden tamamen farklı bir hareket mekanizmasına sahip olmasıdır (bu mekanizma daha sonra anlatılacaktır). Bu iddia benim kızımın oyuncak balığının Darwinci adımlarla Mississippi buharlı gemisine dönüşebileceği iddiasıyla eş değerdir. Margulis teknik detaylarla bizzat ilgilenmemiştir. Sillerin bazı bileşenleri ile bakteri yüzme sistemi arasında genel benzerlikler görmek onun için yeterliydi. Szathmary biraz daha ileri gitmeyi denedi ve oluşturulan senaryoda üstesinden gelinmesi gereken mekanik zorlukları ele aldı. Onun makalesi de kaçınılmaz olarak Cavalier-Smith'in raporu gibi bilim topluluğunun ileriki çalışmalarına dayanak teşkil edecek, gelişmemiş bir model sunan bir tasvirdi. Ayrıca gerek yazarları gerekse bilim adamlarını ve başkalarını deneysel ya da teorik çalışmalara teşvik etmeyi başaramamıştır.

Margulis ve Cavalier-Smith, geçen yıllarda yazılı metinler ile sıkça karşı karşıya gelmişlerdir.[42] Her biri karşı tarafa ait modelin devasa sorunlarını gündeme getirirken kendi modellerinin doğruluğunu iddia etmişlerdir. Ancak işin kötü yanı her ikisi de oluşturdukları modeli mekanik ayrıntılarla güçlendirmemişlerdir. Ayrıntılar olmaksızın bu tartışma bilim dışı ve sonuçsuz kalmaya mahkûmdur. Bilim topluluğu bu çalışmaların katkısını genelde ciddiye almamıştır. Raporlar bugüne kadar başka bilim adamları tarafından çok az alıntılanmıştır.[43]

Siller üzerine yapılmış ve yapılmakta olan araştırmaların sayısı ve Sillerin nasıl görev yaptığı hakkındaki bilgilerimizin özellikle son zamanlarda büyük oranda artması, çoğu kimseyi, kendileri Silin nasıl türediği hakkında bir şey bilmese de birilerinin mutlaka bildiği düşün-

---

[40] Szhatmary, E. (1987) "Early Evolution of Microtubules and Undulipodia", *BioSystems, 20*, 115-131.

[41] Bermudes, D., Margulis, L. and Tzertinis, G. (1986) "Prokaryotic Origin of Undulipodia", *Annals of the New York Academy of Science, 503*, 187-197.

[42] Cavalier-Smith, T. (1992) "The Number of Symbiotic Origins of Organelles", *BioSystems, 28*, 91-106. Margulis, L. (1992) "Protoctists and Polyphly: Comment on 'The Number of Symbiotic' by T. Cavalier Smith", *BioSystems, 28*, 107-108.

[43] *Science Citation Index*'te yapılacak bir araştırma, her raporun yılda bir kereden az alıntılandığını göstermektedir.

cesine götürdü. Ancak profesyonel literatürde yapılacak bir araştırma bu düşüncenin yanlışlığını ortaya çıkaracaktır. Bunu kimse bilmemektedir.

KAMÇILI BAKTERİLER

Biz insanlar kendimiz hakkında daha ziyade yüceltilmiş bir görüş taşırız. Bu tavır biyoloji dünyasına bakış açımızı da etkiler. Özellikle, üst ve alt biyolojinin ne olduğu, canlıların ilkel ve gelişmiş olarak sınıflandırarak gösterdiğimiz tavırla doğal olarak kendimizin tabiatın zirvesinde varsayarız. Bu varsayım insan egemenliğine vurgu yapılarak ve ayrıca felsefi argümanlar ile savunulabilir. Yine de eğer diğer organizmalar konuşabilselerdi, kendi üstünlüklerini hararetle savunurlardı. En kaba yaşam formu olarak düşündüğümüz bakteriler de bu gruptandır.

Bazı bakteriler olağanüstü bir yüzme teçhizatına, kamçısına sahiptir. Üstelik bu aygıtın daha kompleks hücrelerde bir karşılığı da yoktur.[44] 1973 yılında kamçılarını döndürerek yüzen bazı bakteriler keşfedilmiştir. Yani bakteri kamçısı, kürek hareketi yapan Silden farklı olarak, bir pervane işlevi görmektedir.

Kamçının yapısı silin yapısından oldukça farklıdır (Şekil 3-3). Kamçı, hücre zarına gömülmüş uzun, saç benzeri bir ipliktir. İpliğin dışarıda kalan kısmı flagellin adı verilen tek tip bir proteinden oluşur. Flagellin iplik, yüzme esnasında sıvıya temas eden palettir. İpliğin bittiği, hücrenin yüzeyine yakın bir yerinde kamçının inceldiği bir boğum vardır. Kamçının rotora bağlandığı yer burasıdır. Bağlama materyali "askı proteini" adı verilen bir proteinden oluşmaktadır. Bakteri kamçısının ipliği silden farklı olarak motor proteinleri içermez. Yani hücreden ayrılırsa suda hareketsizce salınır. Buna göre kamçı pervaneyi döndüren motor başka bir yerde olmalıdır. Deneyler bu motorun kamçı tabanında olduğunu göstermiştir. Burada halka şeklinde çok sayıda yapı bulunmaktadır. Kamçının dönme hareketi, popüler bir biyokimya ders kitabında belirtildiği gibi açık ve kaçınılmaz bir sonuçtur:

---

44 Kamçı hakkında iyi bir genel bilgi için bkz. Voet and Voet, s.1259-1260. Kamçı motoru hakkında ayrıntılı bilgi için: Schuster, S. C. and Khan, S. (1994) "The Bacterial Flagellar Motor", *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure, 23*, 509-539; Caplan, S. R., and Kara-Ivanov, M. (1993) "The Bacterial Flagellar Motor", *InteRNAtional Review of Cytology*, 147, 97-164.

Bakterideki kamçıya dönme hareketi veren motor, diğer dönen aygıtlarla aynı mekanik bileşenlere sahip olmalıdır: Bir rotor (dönen eleman) ve bir stator (sabit eleman).[45]

Şekil 3-3'te rotor M halkasıyla ve stator da S halkasıyla temsil edilmiştir.

Şekil 3-3: (Üstte) İç ve dış hücre zarı ile hücre duvarına gömülü iplik, askı ve motoru gösteren bir bakteri kamçı şekli. (Altta) Asit güdümlü dönme motoru için önerilen bir model. Şekil, motorun kitapta ele alınmayan iç karmaşıklığını göstermektedir.

---

45 Voet And Voet, s. 1260.

Bakterideki kamçı motorunun dönmeye uygun yapısı beklenmeyen, şaşırtıcı bir keşifti. Kaslar gibi mekanik hareket yaratan diğer sistemlerden farklı olarak bakterideki motor ATP gibi taşıyıcı moleküllerde depolanan enerjiyi doğrudan kullanmaz. Kamçıyı hareket ettirmek için daha ziyade bakteri zarı boyunca gerçekleşen bir asit akımının yarattığı enerjiyi kullanır. Böyle bir ilkeye dayanan bir motorun oldukça kompleks gereksinimleri vardır ve ciddi şekilde araştırılması gerekir. Çeşitli modeller önerilse de hiçbiri basit değildir. Okuyucunun kompleks model ifadesinde ne demek istediğimi anlayabilmesi için bu modellerden birisi Şekil 3-3'te tasvir edilmiştir.

Bakteri kırbacı bir çark mekanizması kullanır. Buna göre benzeri sistemlerle aynı gereksinimleri karşılamalıdır. Bakteri kırbacı, palet, rotor ve motor gibi olmazsa olmaz üç parçadan oluştuğu için eksiltilemez kompleks bir sistemdir. Yani Sillerde olduğu gibi bakteri kırbacının da tedricen evrimleştiği iddiası büyük engellerle karşılaşmaktadır.

Bakteri kırbacı konusunda genel profesyonel literatür Silde olduğu gibi oldukça zengindir. Yıllardır binlerce rapor yayınlanmıştır. Bu da şaşırtıcı değildir, zira bakteri kırbacı olağanüstü bir biyofiziksel sistemdir ve kırbaçlı bakteriler tıp açısından önem taşımaktadır. Ancak bu konuda da evrimci literatür tamamen eksiktir. Biyoloji biliminin, bütün olarak evrimci gözle görmesi nedeniyle bu sıra dışı makinenin tedrici evrimi hakkında açıklayıcı bir model oluşturabilen bir bilim adamı çıkmamıştır.

DURUM SADECE KÖTÜLEŞİYOR

Yukarıda Silin tubulin, dinein, neksin ve çok sayıda başka proteinden oluştuğundan bahsetmiştim. Eğer bu maddeleri alıp Silsiz bir hücreye enjekte ederseniz, işlev gören bir Sil oluşturacak şekilde birleşmeyeceklerdir. Hücrede Sil elde etmek için çok daha fazlası gerekmektedir. Dikkatli bir biyokimyasal araştırma bir Silin iki yüz farklı protein çeşidi ihtiva ettiğini göstermektedir. Silin gerçek karmaşıklığı bizim düşündüğümüzün çok ötesindedir. Bu karmaşıklığın sebebi tam olarak belli değildir ve daha fazla deneysel araştırmaya muhtaçtır. Ayrıca, Silin hücredeki bir temel yapıya eklenmesi, Sil esnekliğinin

modifikasyonu, kürek hareketinin zamanlaması, Sil zarının güçlendirilmesi gibi, proteinlere gerek duyan diğer görevler de incelenmelidir.

Bakteri kırbacının işlev görmesi için yukarıda ele aldıklarımız haricinde kırk protein daha gerekmektedir. Burada da proteinlerin çoğunun gerçek rolü bilinmemektedir. Bilinenlerin bir kısmını saymak istersek motora açma-kapama sinyali gönderenler, kamçının hücre zarı ve hücre duvarından geçmesine imkân sağlayan proteinler, yapıyı biraraya getiren proteinler ve son olarak kamçıyı oluşturan proteinlerin üretilmesini düzenleyen proteinler.

Özetlemek gerekirse biyokimyacıların Sil ve kamçı gibi basit görünen yapıları incelemeye başlamasıyla onların hayret verici karmaşık yapısı keşfedilmiş oldu. Bu yapılar itinayla tasarlanmış onlarca hatta yüzlerce parçadan oluşmaktadır. Burada ele almadığımız çok sayıda parçanın hücredeki Silin çalışabilmesi için gerekli olduğu da ihtimal dahilindedir. Gerek duyulan parçaların sayısı arttıkça sistemi tedrici olarak biraraya getiren zorluklar artarken dolaylı senaryo ihtimalleri de çıkmaza girmektedir. Darwin çok yalnız ve ümitsiz görünmektedir. Yardımcı proteinlerin rolleri üzerine yapılan yeni araştırmalar eksiltilemez karmaşık sistemi basitleştirememektedir. Sorunun uzlaşmaz tavrı bir türlü alt edilememektedir; durum sadece daha da kötüleşmektedir. Sil ya da kamçı hakkında Darwin'in evrim teorisinin söyleyeceği hiçbir şey yoktur. Yüzme sistemlerinin olağanüstü karmaşıklığına baktığımız zaman da bu teorinin bu konu hakkında söyleyecek hiçbir şeyi olmadığını düşünüyoruz.

Kademeli gelişimle açıklanamayan sistemlerin sayısı arttıkça, yeni bir tür açıklamaya duyulan ihtiyaç daha belirgin olmaktadır. Sil ve kamçılar sadece Darwinizm için sorun değildir. Gelecek bölümde kan pıhtılaşmasının basit görüntüsünün altındaki biyokimyasal karmaşıklığı ele alacağım.

IV. BÖLÜM
KANDAKİ RUBE GOLDBERG

CUMARTESİ SABAHI ÇİZGİ FİLMLERİ

Tasarladığı tuhaf makinelerle (Şekil 4-1) Amerika'yı eğlendiren büyük çizgi film ustası Rube Goldberg adı, kendisi çoktan ölmüş olsa da, kültürümüzde yaşamaya devam etmektedir. Rube Goldberg makinesi nosyonu ile çocukluğumda, bir Cumartesi sabahı çizgi film seyrederken karşılaşmıştım. En çok sevdiğim çizgi film Bugs Bunny idi ve çok konuşan horoz Foghorn Leghorn'udan her zaman severdim. Bazı bölümlerde Foghorn Leghorn, dul ve genellikle zengin olan annesi, alış verişe giden kalın gözlüklü genç bir pilice dadılık yapardı. O sırada genci kızdırır ve genç horoz da intikam planı yapardı. Kısa süren bir sahnede, kızgın genç horoz bir kâğıda karışık denklemler yazardı. Bu da onun ne kadar zeki olduğunu (karışık denklemlerle uğraşmak için çok zeki olmalısınız) gösterir ve intikamını titizce ve bilimsel bir çalışmayla alacağına işaret ederdi.

Şekil 4-1: Sivrisinek Isırığı Kaşıyıcısı
Su borusundan (A) gelen su (B) şişeye dolar ve mantarı (C) yükseltir. Mantardaki iğne (D) kağıt bardağı (E) deler ve bira (F) mavi kuşun (G) üstüne dökülür. Sarhoş olan kuş yayın (H) üzerine düşer ve oradan platforma (I) zıplar. Solucan sandığı ipi (J) çeker ve ip de topu (K) ateşleyerek sakin duran köpeğin (L) ürkmesine neden olur. Köpek havada zıplayarak sırt üstü düşer (M). Derin nefes alıp vermesi ile disk (N) yükselir ve ağırlık (O) ile eski pozisyonuna geri döner. Köpeğin sürekli nefes alıp vermesi ile kaşıyıcı (P) yukarı aşağı hareket eder, böylece bir bayanla konuşurken utanç duymadan kaşınılmış olur.

Bir ya da iki sahne sonra Foghorn yürürken görünürdü ve yerde bir para ya da başka bir yem olduğunu fark edip alırdı. Para, bir topu destekleyen bir çubuğa iple bağlı olurdu. Para hareket ettirilince ona bağlı çubuk devrilir ve top yuvarlanmaya başlarken Foghorn da ağzı açık bir şekilde gelişen olayları izlerdi. Top daha sonra bir uçuruma, bir tahterevallinin yüksek tarafının üstüne düşerdi ve diğer taraftaki kayayı yukarı fırlatırdı. Kayanın üzerine yapıştırılmış bir zımpara kâğıdı olurdu. Kayanın uçuşu sırasında zımpara kâğıdı bir kibrit çöpüne sürterek onu yakardı, kibrit çöpü de bir top mermisinin fitilini ateşlerdi. Top namludan çıkar ve bir huninin kenarına çarpardı (senaryonun tamamında tolerans gösterilen tek hata); kenarda birkaç tur attıktan sonra aşağı düşerdi. Huniden çıktıktan sonra bir manivelaya çarpar ve bu da döner testereyi harekete geçirirdi. Testere, bir telefon direğini tutan bir ipi keserdi. Direk yavaşça düşmeye başlayınca Foghorn'un bu gösterinin aslında kendisi için tasarlandığını anlaması için çok geç olurdu. Kaçmaya çalışsa da telefon direği kafasına iner ve onu çivi gibi yere çakardı.

Anlatılanları bir an için düşünürseniz Rube Goldberg makinelerinin eksiltilemez bir karmaşıklıkta olduğunu görürsünüz. Bu, temel fonksiyona hizmet eden çok sayıda ve birbiriyle etkileşim halinde olan parçalardan oluşan tek bir sistemdir. Parçalardan birinin çıkarılması durumunda sistem işlevini icra edemeyecektir. Daha önceki bölümlerde tartışılan eksiltilemez karmaşık sistemlerden (fare kapanı, ökaryotik siller ve bakteri kamçısı) farklı olarak çizgi filmlerdeki sistemler bileşenlerin bir diğerine eş zamanlı güç veren yapılar değildir. Daha ziyade birbirinden ayrı olan her parçanın, sırayla kendi görevini yerine getirip temel fonksiyona katkıda bulunduğu sistemlerdir.

Çizgi filmlerdeki sistemlerde her bir parça gerek zaman gerekse mekân açısından birbirinden ayrılmış olduğu için sadece bir tanesi (telefon direği) sistemin nihai hedefini (kurbanın kafasına vurmak) yerine getirir. Yine de sistemin karmaşıklığı indirgenmiş değildir zira darbenin doğru yer ve zamanda gerçekleşmesi için sistemin tüm bileşenleri gereklidir. Eğer direğin düşmesini sağlayan mekanizma doğru yerde çalışmazsa, Foghorn telefon direğinin altında saatlerce beklese de zarar görmeyecektir.

Fare yakalamak için mekanik bir kapan yerine yapışkan kâğıt kullanma seçeneği olduğu gibi Foghorn Leghorn'a vurmak için de başka sistemler mevcuttur. Bir beysbol sopası kullanabilir ya da Foghorn doğru yerdeyken direği baltayla kesebilirsiniz. Direk yerine nükleer bomba kullanabilir ya da yeme bağlı ipi doğrudan bir tüfeğe iliştirirsiniz. Ancak Darwinizm'e göre bu sistemlerin hiçbiri çizgi filmde kullanılan sistemin öncülü değildir. Örneğin paraya doğrudan bağlı bir top düşünün, horoz yemi alır almaz top ateşlenecektir. Böyle basit bir sistemin, çizgi filmdeki gibi karmaşık bir sisteme Darwinci tarzda dönüşümü demek, topun yer değiştirmesi, namlunun farklı bir hedefe yönelmesi, ipin toptan çıkarılıp çubuğa bağlanmasın ve diğer donanımın eklenmesi gerektirmektedir. Bununla birlikte açıktır ki bu durumda sistem uzun zaman işlevini yerine getiremeyeceğinden adım adım Darwinci dönüşüm imkânsızdır.

Rube Goldberg sistemleri insanları çok güldürür. İzleyiciler tertibatın çalışmasını seyretmekten hoşlanırlar ve saçma bir amaç uğruna gösterilen yaratıcılıktaki espri anlayışını takdir ederler. Ancak bazen

ciddi amaçlarla karmaşık sistemler kullanılır. Burada mizah yoktur, fakat bileşenlerin hassas etkileşimi insanların takdirini kazanmaktadır.

Modern biyokimyacılar yaşamı moleküler ölçekte incelerken çok sayıda Rube Goldbergvari sistem keşfetmişlerdir. Biyokimyasal sistemlerde çizgi filmdeki iplik, çubuk, top, tahterevalli, kaya, zımpara kâğıdı, kibrit çöpü, fitil, top, top mermisi, huni, testere, ip ve telefon direğinin yerini proteinler almıştır; bu proteinlerin isimlendirmesi de görünüşlerine göre yapılmıştır: "plazma tromboplastin entesedanı" ya da "yüksek-moleküler-ağırlıklı kiniojen" gibi. Ancak ikisinde de iç denge ve ince bir işlevsellik bulunmaktadır.

SÜT KUTULARI VE KESİLMİŞ PARMAKLAR

Charles Darwin – sonunda kendi ismini taşıyacak ispinozların peşinde – Galapagos Adaları'nın kayalıklarına tırmanırken dizlerini sürtmüş ya da parmağını kesmiş olmalıdır. Genç bir maceracı olarak muhtemelen bu küçük kanamaya hiç dikkat etmemişti. Korkusuz bir ada kâşifi için acı, hayatın bir gerçeğiydi ve bir şey yapılmak isteniyorsa acıya katlanılması gerekiyordu.

Sonunda kanama durmuştu ve kesik iyileşmişti. Eğer Darwin dikkat etseydi bile neler olduğu hakkında fazla konuşamayacaktı. Sahip olduğu bilgi, pıhtılaşmanın altında yatan mekanizmanın ne olduğunu tahmin etmesine bile yetmiyordu. Yaşamda var olan moleküllerin yapısının keşfedilmesine bir asırdan fazla bir zaman vardı. Darwin kendince bir entelektüel ve yenilikçi olabilirdi, ancak pıhtılaşmanın önemli ayrıntıları hakkında hiç kimsenin bir öngörüsü yoktu.

Kan kendine has bir davranış gösterir. Sıvı dolu bir kap – süt kutusu ya da benzin tankeri gibi – delinirse içindeki akıcı madde sızmaya başlar. Akış hızını belirleyen faktörlerden birisi sıvının kıvamıdır (örneğin akça ağaç pekmezi alkolden daha yavaş akar), ancak ne olursa olsun sonunda tamamı dışarı akmış olacaktır. Onu engelleyen aktif bir işlem yoktur. Bunun aksine insan vücudunun bir yeri kesildiğinde kısa bir süre kanama devam eder. Sonra pıhtı oluşur ve kanamayı durdurur. Bu pıhtı daha sonra sertleşir ve kesik iyileşir. Kanın pıhtılaşması bizim için o kadar tanıdıktır ki üzerinde düşünme gereği bile duymayız. Aslında biyokimya araştırmaları pıhtılaşma olayının bir dizi ba-

ğımsız protein parçalarından oluşan son derece karmaşık, girift bir örme sistemi olduğunu göstermiştir. Sistemi oluşturan parçalardan bazılarının yokluğu ya da görevini yapmaması durumunda işlev görmeyecektir: Kan doğru zaman ve yerde pıhtılaşamaz.

Bazı görevlerin hata toleransı çok azdır. Örneğin, uçak yolculuğunun bana göre en korkutucu kısmı iniş anıdır. Korkumun en önemli sebebi de uçağın iniş sırasında hava alanı civarındaki ev ve ağaçların üstünden geçmek zorunda olmasıdır. Ayrıca uçağın pist bitmeden durması gerektiğini bilmek de korkumu arttırmaktadır. Birkaç yıl evvel LaGuardia hava alanında pistten çıkan bir uçak Long Island boğazına çarparak çok sayıda insanın ölümüne yol açan bir kazaya sebep olmuştu. Gazetelerde konuyla ilgili çıkan haberler pistin olması gerektiğinden kısa olduğunu sık sık vurgulamaktaydılar. Eğer pistler bir değil de yirmi mil olursa kendimi birazcık daha güvende hissedeceğim.

Bir uçağın inişi, kötü sonuçlardan kaçınmak için çok sıkı şartlar altında çalışmak zorunda olan sistemlere verilebilecek örneklerden sadece birisidir. Wright Kardeşler bile uçağın düzgün bir şekilde indirilmesi konusunda temkinliydiler. İniş sırasında çok az kısa ya da çok az uzun, biraz yüksek ya da biraz alçak uçmak, uçağı ve yolcuları büyük tehlikeye atabilir. Ancak bir uçağın otomatik pilot (kendisini yönetecek bilinçli bir yardımcının olmadığı bir durum) tarafından indirilmesinin zorluğunu düşünmeye çalışın. Kanın pıhtılaşması otomatik pilota benzemektedir. Pıhtılaşma olayı aşırı derecede hassaslık gerektirmektedir. Basınçlı bir kan dolaşım sistemi delindiği zaman derhal pıhtı oluşmazsa hayvan kan kaybından ölecektir. Eğer kan yanlış zaman ya da yerde pıhtılaşırsa bu pıhtı kalp krizi ve felç durumunda olduğu gibi kan dolaşımını engelleyebilir. Ayrıca pıhtı yara boyunca oluşmalı ve onu tamamen kapatmalıdır. Fakat en önemlisi sadece yaralanma durumlarında oluşmalıdır yoksa hayvanın bütün kan sistemi katılaşırsa ölmesi kaçınılmazdır. Sonuç olarak kanın pıhtılaşması büyük bir titizlikle kontrol edilmelidir. Pıhtı, gerek duyulduğu yer ve zamanda oluşmalıdır.

YAMA ÇALIŞMASI

İlerleyen birkaç sayfada kan pıhtılaşması oyununda görev alan proteinlerin katkı ve rolleri hakkında bilgi edineceksiniz. Tıpkı bir spor takımında olduğu gibi bazı oyuncuların ilginç adları vardır. Proteinlerin isim ve rolleri aklınızı karıştırırsa endişelenmeyin, zira bu konuya girmemin sebebi aklınızı gereksiz şeylerle doldurmak değil; ayrıca isim ve ilişkileri zaten şekil 4-3'te görebilirsiniz. Benim amacım daha ziyade, kanın pıhtılaşmasının karmaşıklığını görebilmenizi sağlayıp bu sistemin adım adım ortaya çıkıp çıkmayacağı hakkında karar vermenize yardım etmektir.

Kan plazmasındaki proteinlerin yüzde 2 ila 3'ü fibrinojen[46] adı verilen karmaşık bir proteinden oluşmaktadır. Fibrinojeni hatırlamak kolaydır, zira bu proteinler pıhtıyı oluşturan fiberi* üretirler. Ancak fibrinojen sadece pıhtı hammaddesidir. Foghorn Leghorn çizgi filminde kurbağanın kafasına düşmeyi bekleyen telefon direği gibi fibrinojen de serbest kalmayı bekleyen bir silahtır. Diğer proteinlerin neredeyse tamamı pıhtının uygun zaman ve yerde oluşmasını kontrol ederler. Bunu, çizgi filmdeki sistemde telefon direği haricindeki bileşenlere benzetebiliriz.

Fibrinojen üç farklı protein çifti olmak üzere toplam altı protein zincirinden oluşmaktadır. Elektron mikroskobu fibrinojenin iki ucunda ikişer ve ortasında da bir tane yuvarlak şişlik bulunan bir çubuk şeklinde olduğunu göstermiştir. Yani fibrinojen, çubuğun ortasında fazladan bir ağırlık bulunan bir haltere benzemektedir.

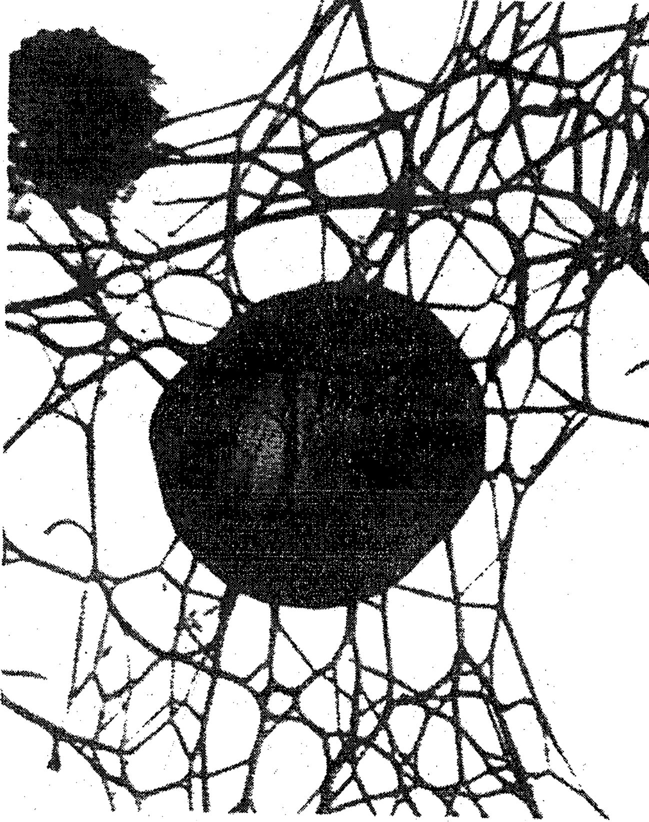
Normalde fibrinojen, okyanus suyundaki tuz gibi, plazma içinde çözülmüş durumdadır. Kanamaya sebep olan bir yaralanma ya da kesik gerçekleşinceye kadar kanda sakince salınmaktadır. Kanama

---

[46] Kanın pıhtılaşması hakkında iyi bir genel bilgi için bkz. Voet, D. ve Voet, J. G. (1995) Biochemistry, John Wiley & Sons, New York, s. 1196-1207. Daha detaylı bilgi için: Furie, B. Ve Furie, B. C. (1988) "The Molecular Basis of Blood Coagulation", *Cell*, *53*, 505-518; Davie, E. W., Fujikawa, K. ve Kisiel, W. (1991) "The Coagulation Cascade: Initiation, Maintenance, and Regulation", *Biochemistry*, *30*, 10363-10370; Halkier, T. (1991) *Mechanism in Blood Coagulation, Fibrinolysis and the Complement System*, Cambridge University Pres, Cambridge, England.

* Lif, iplik (Ç.N.)

başlayınca Trombin adı verilen başka bir protein, fibrinojendeki üç protein zincirinin ikisinden küçük parçalar keser. Fibrin[47] olarak adlandırılan bu "kırpılmış" proteinin yüzeyinde, kesilen parçaların örttüğü, yapışkan yamalar açıkta kalmıştır. Yapışkan yamalar diğer fibrin molekül parçalarıyla birbirini tamamlayıcı durumdadır.



Şekil 4-2: Bir kan hücresi, pıhtının fibrin protein ağına yakalanmış.

[47] -ojen son eki aktif bir molekülün aktif olmayan atasını gösterir.

Tamamlayıcı şekiller çok sayıda fibrinin, 3. bölümde anlatılan tubulin ya da ton balığı konserve kutuları gibi, biraraya gelmesine imkân tanır. Ancak tubulinler baca gibi belirgin bir şekil oluştururken fibrinler birbirine rastgele yapışmaktadır. Fibrin molekülünün şekli nedeniyle uzun iplikler oluşmakta olup bu iplikler birbirlerinin üzerinden geçtiği için kan hücrelerini yakalayacak bir (balık ağı gibi) ağ oluştururlar. Bu, pıhtının başlangıç halidir (Şekil 4-2). Bu ağ minimum protein kullanarak azami genişlikte bir alanı kaplar. Eğer topak şeklinde olsaydı, bu alanı kapatmak için çok daha fazla protein gerekecekti.

Fibrinojenden parçalar kesen Trombin, Foghorn Leghorn çizgi filmindeki döner testereye benzemektedir. Trombin de testere gibi kontrollü bir prosesin son adımını icra etmektedir. Eğer bu testere onu çalıştıracak diğer adımlara ihtiyaç duymaksızın sürekli çalışmaya devam etseydi ne olurdu? Foghorn Leghorn etrafta dolaşmaya başlamadan önce telefon direğini tutan ipi hemen kesecekti. Aynı şekilde kanın pıhtılaşması olayında da kullanılan proteinler sadece fibrinojen ve Trombin olsaydı kontrolsüz bir süreç olacaktı. Trombin, fibrin üretmek için hemen fibrinojenden parçalar kesmeye başlayacak ve canlının tüm dolaşım sistemini kaplayan devasa bir pıhtı oluşacak ve onu donduracaktı. Gerçek hayvanlar çizgi film karakterlerinden farklı olarak çabuk ölürler. Böyle mutsuz sonlardan kaçınmak için organizmanın Trombin faaliyetlerinin kontrol edilmesi gerekir.

KASKAT

Vücut, enzimleri (fibrinojenin kesilmesi gibi kimyasal tepkimeleri katalizleyen proteinler) kullanım zamanı gelinceye kadar genellikle etkisiz (aktif olmayan) bir şekilde tutar. Etkisiz bu forma proenzim de denilmektedir. Belirli bir enzime ihtiyaç duyulduğu sinyali geldiğinde buna uygun proenzim, enzim oluşturmak için aktifleştirilir. Proenzimler fibrinojenin fibrine dönüşmesi olayında olduğu gibi genellikle önemli bölgelerini kapatan parçaların kesilmesiyle aktif hale geçer. Bu strateji genellikle sindirim enzimleriyle uygulanır. Vücutta saklanan proenzimlerin miktarı oldukça fazladır ve iyi bir yemek gelinceye kadar aktif hale geçmezler.

Trombin başlangıçta protrombin olarak etkisiz bir şekilde bulunur. Etkisiz olduğu için fibrinojeni kesemez ve böylece hayvan hiç de uygun olmayan devasa bir pıhtılaşma sonucu ölmekten korunmuş olur. Ancak kontrol çelişkisi hala ortada durmaktadır. Çizgi filmdeki testere etkisizleştirilseydi telefon direği yanlış zamanda düşmezdi. Eğer testereyi çalıştıracak bir şey olmasaydı testere, ipi hiçbir zaman kesmeyecek ve direk doğru zamanda düşmeyecekti. Kanın pıhtılaşmasında görev alan proteinler fibrinojen ve protrombinden ibaret olsaydı canlı için tehlikeli bir durum söz konusu olacaktı. Canlı, vücudunda bir kesik oluştuğu zaman protrombin ve fibrinojenden yardıma muhtaç bir şekilde kanda salınacak ve organizma kan kaybından ölecekti. Protrombin fibrinojeni fibrine çeviremeyeceği için onu da aktif hale getirecek bir şeye gerek vardır. Burada okuyucunun kan pıhtılaşması olayının neden kaskat olarak adlandırıldığını anlamış olması gerekmektedir; bu olayda her bir bileşen bir diğerini ve o da üçüncüyü tetiklemekte ve sistem bu şekilde gitmektedir. Burada karmaşayı azaltmak için yazılanların şekil 4-3'ten takip edilmesi anlamayı kolaylaştırabilir.

Stuart faktörü olarak adlandırılan bir protein, protrombini kesip onu trombine dönüştürmektedir. Trombin de fibrinojeni kesip kan pıhtısı oluşturacak fibrine dönüştürmektedir.[48] Sizin de tahmin edebileceğiniz gibi ne yazık ki kandaki proteinler Stuart faktörü, protrombin ve fibrinojenden ibaret değildir. Öyle olsaydı Stuart faktörü kaskatı, hemen tetikleyecek ve organizmadaki kanı pıhtılaştıracaktı. Burada Stuart faktörü de aktifleştirilmeyi bekleyen etkisiz bir halde durmaktadır.

Bu noktada, geliştirmekte olduğumuz tavuk-yumurta senaryosundan biraz uzaklaşacağız. Aktifleştirilmiş Stuart faktörü de protrombini etkinleştiremeyecektir. Stuart faktörü ile protrombin bir deney tüpüne konularak karıştırılırsa bir canlının kan kaybından ölmesine neden olacak uzunca bir süre geçmeden dikkate değer bir trombin üretimi gerçekleşmeyecektir. Yani Stuart faktörünün faaliyetini hızlandıran ve

[48] Faktör kelimesi genellikle araştırma sırasında incelenen bileşenin özellikleri tam olarak bilinmediği zaman kullanılır – protein, karbonhidrat, yağ ya da başka bir şey. Bazen kimliği tespit edildikten sonra bile eski adı kullanılmaya devam edilir. Kan, pıhtılaşma esnasındaki bütün faktörler proteindir.

akselerin adı verilen başka bir protein gerekmektedir. Bu dinamik ikili (akselerin ve aktif Stuart faktörü), protrombini kanamalı organizmanın işine yarayacak kadar hızlı keseceklerdir. Bu durumda tek bir proenzimi aktifleştirmek için iki ayrı proteine ihtiyacımız vardır.

Tahmin ettiğiniz gibi akselerin de etkisiz bir şekilde, proakselerin olarak bulunmaktadır. Peki onu harekete geçiren nedir? Trombin. Fakat trombin de daha önce gördüğümüz üzere proakselerine göre düzenleyici kaskatın daha alt basamaklarındaydı. Yani akselerin üretimini düzenleyen trombin, büyükanne üretimini düzenleyen torun gibi olmaktadır. Yine de Stuart faktörü tarafından kesilen protrombin oranının çok düşük olması sebebiyle kanda her zaman az bir miktar trombine rastlamak mümkündür. Buna göre kan pıhtılaşması kendi kendini katalizlemektedir. Zira kaskattaki proteinler aynı proteinlerden daha fazla üretilmesini hızlandırmaktadır.

Şekil 4-3: Kan pıhtılaşma kaskatı. İsimleri normal yazılan proteinler kan pıhtılaşmasını hızlandıran proteinlerdir. İtalik yazılanlar ise pıhtıyı engelleme, sınırlama ya da yok etmede görev alan proteinlerdir. Çizgili oklar pıhtıyı engelleme, sınırlama ya da yok etme işlemini gerçekleşen proteinleri göstermektedir.

Bu noktada biraz geriye gitmeliyiz. Zira görüldüğü üzere başlangıçta hücre tarafından üretilen protrombin aktif Stuart faktörü ve akselerinin varlığında bile trombine dönüşememektedir. Protrombin ilk olarak on özel amino asit artığıyla (glutamate (Glu) artıklarının dönüşmesiyle oluşan carboxyglutamate (Gla) artıkları) birleşmelidir. Bu birleşme bir kafatasının alt çenesini üst çenenin üstüne yerleştirmekle kıyas edilebilir. Tamamlanmış yapı bir cismi ısırıp onda asılı kalabilir ancak alt çene olmasaydı asılı kalamazdı. Protrombine geri dönersek Gla artıkları kalsiyumu ısırır (ya da bağlanır) ve bu da protrombinin hücre yüzeyine yapışmasına imkân tanır. Yalnızca değişmiş, tamamlanmış ve hücre zarına bağlanmış kalsiyum-protrombin kompleksi aktifleştirilmiş Stuart faktörü ve akselerin tarafından kesilerek trombine dönüştürülebilir.

Protrombinin trombine dönüşmesi tesadüfen gerçekleşmez. Neredeyse tüm biyokimyasal tepkimelerde olduğu gibi özel bir enzim tarafından katalizlenmesi gerekir. Bununla birlikte enzimin yanında Glu maddesini Gla'ya dönüştürecek başka bir bileşen gerekmektedir. Bu da K vitaminidir. K vitamini bir protein değildir. Ayrıca, görmek için gerekli 11-Cis-retinal (Bkz. 1. Bölüm) gibi küçük bir moleküldür. Bir tabancanın mermiye gerek duyması gibi Glu'yu Gla'ya çeviren enzimin de K vitaminine ihtiyacı vardır. Bir tür fare zehiri K vitamininin kan pıhtılaşması olayında oynadığı rolden yararlanılarak üretilmiştir. "Warfarin" (satışlardan belli bir pay alan Wisconsin Alumni Research Fund'ıdan dolayı) olarak adlandırılan sentetik zehir, ilgili enzim tarafından kullanılmak üzere K vitaminine benzeyecek şekilde üretilmiştir. Warfarin'in olduğu ortamda enzimler protrombini dönüştürememektedir. Fare Warfarinle zehirlenmiş bir yiyecek aldığında protrombin ne dönüşmekte ne de yarılmaktadır. Bu da, zehirlenen hayvanın kan kaybından ölmesine yol açar.

Yine de pek fazla gelişme kaydettiğimiz söylenemez. Şimdi geriye dönüp Stuart faktörünü neyin aktifleştirdiğini araştırmalıyız. Stuart faktörünün iki farklı yoldan aktifleştirildiği bilinmektedir: Aslî yol ve aslî olmayan yol. Aslî yolda pıhtılaşma için gerekli tüm proteinler kan plazmasında mevcuttur. Diğer yolda ise pıhtılaşmada rol alan bazı

proteinler hücrelerde oluşturulur. İlk önce aslî yolu ele alacağız (Şekil 4-3'ten takip edebilirsiniz).

Canlı yaralandığında Hageman faktörü denilen bir protein, yaraya yakın yerlerdeki hücrelerin yüzeyine yapışır. Bağlanmış Hageman faktörleri HMK adı verilen bir protein tarafından kesilir. Bu da Hageman faktörünün aktifleşmesini sağlar. Aktif Hageman faktörleri ve HMK'lar birlikte hemen başka bir protein olan PTA'yı aktif hale getirirler. Aktif PTA da (daha sonra bahsedilecek) konvertin adındaki başka bir protein ile birlikte Christmas adı verilen başka bir proteini aktifleştirir. Sonuç olarak, aktif Christmas faktörü de (proakselerine benzer şekilde trombin tarafından aktifleştirilen) antihemofilik faktör ile birlikte Stuart faktörünü aktif hale getirir.

Aslî olmayan yol da aslî yol gibi kaskat bir mekanizmadır. Bu yolun başlangıç noktası, prokonvertin adı verilen bir molekülün aktif Hageman faktörü ve trombin tarafından konvertine dönüştürülmesiyle olsun. Doku faktörü adı verilen başka bir proteinin varlığında konvertin de Stuart faktörünü aktifleştirir. Ancak doku faktörü genellikle kanla temas halinde olmayan hücrelerin dışında görülür. Yani yaralanma sonucu kan ve doku temas ederse aslî olmayan yol kullanılır. Bu tür bir yaralanmayı Foghorn Leghorn'un yerdeki parayı almasına benzetebiliriz. Olayın başlangıcı kaskat mekanizmanın dışında gerçekleşmektedir.

Bahsedilen her iki yol da pek çok noktada kesişmektedir. Aslî yolda aktifleştirilen Hageman faktörü, aslî olmayan yolda prokonvertinleri aktifleştirmektedir. Konvertin de Christmas faktörünün aktifleştirilmesi için aktif PTA'lara yardım ederek aslî yola geri besleme yapmaktadır. Trombin tek başına hem antihemofilik faktörü hem de prokonvertini aktif hale getirerek pıhtılaşma mekanizmasının her iki yolunu da tetikleyebilmektedir. Antihemofilik faktör, aktif Christmas faktörünün Stuart faktörünü aktifleştirmesine yardım etmektedir.

Kanın pıhtılaşma sisteminin zorlayıcı bir incelemesi, insanların Rube Goldberg makinelerinin basitliğine özlem duymalarını sağlamaktadır.

BENZERLİK VE FARKLILIKLAR

Foghorn Leghorn çizgi filmindeki mekanizma ile gerçek yaşamdaki kan pıhtılaşma sistemi arasında bazı konsept farkları mevcuttur. Farklılık özellikle biyokimyasal sistemin karmaşıklığında ortaya çıkmaktadır. En önemli zıtlık da kanın pıhtılaşma kaskatının organizma tamamen katılaşmadan önce (kısaca anlatılacaktır), bir noktada durmak zorunda olmasıdır. Diğer bir fark da kanın pıhtılaşması iki farklı yoldan olabilmektedir. Yani potansiyel olarak pıhtılaşmayı başlatacak iki yol mevcuttur. İki yolun hangisinin daha önemli olduğu hala bilinmemektedir. Kan pıhtılaşmasını deney konusu yapmak zordur zira bazı proteinler (özellikle pıhtılaşmanın ilk aşamasında görev alanlar) kanda çok az bulunmaktadır. Örneğin yüz galonluk* kanda, ons'un** binde biri kadar antihemofilik faktör bulunmaktadır. Daha da ötesi pıhtılaşmanın ilk aşamaları, başlangıçtaki aktifleştirici proteinlerden daha fazla üretilmesi için geri besleme yaptığından, kimin kimi aktif hale getirdiğini tespit etmek genellikle çok zordur.

Ancak çizgi filmdeki saldırı sistemi ile kanın pıhtılaşma sistemi arasında bir konsept benzerliği de bulunmaktadır: İkisi de eksiltilemez karmaşık bir sistemdir. Sistemin bazı detaylarının iyi bilinmediği yol ayrımları bir tarafa bırakılırsa kanın pıhtılaşma sistemi, eksiltilemez karmaşıklık tanımına uymaktadır. Yani esas fonksiyona katkıda bulunmak üzere ve birbiriyle etkileşim halinde bulunan parçalardan oluşan ve bu parçalardan birinin sistemden çıkarılması durumunda esas fonksiyonun duracağı tekil bir sistemdir. Kan pıhtılaşma sisteminin temel fonksiyonu, yaralanmış bir damardan dışarıya kan akışını durduracak sağlam bir engeli doğru yer ve zamanda oluşturmaktır. İzlenen farklı yollar bir tarafa bırakılırsa sistemin bileşenleri fibrinojen, protrombin, Stuart faktörü ve akselerindir. Nasıl ki Foghorn sisteminde kullanılan parçalar telefon direğinin düşmesi haricinde herhangi bir işlev görmüyorsa, kan pıhtılaşma sisteminde de proteinler kan pıhtısı

* 3.78 litre (Ç.N.)
** 28.3 gr. (Ç.N.)

oluşması hariç herhangi bir işlev görmezler. Yine de bileşenlerin birisinin bile yokluğunda pıhtı oluşmaz ve sistem başarısız olur.

Yaradan akan kanı durdurmanın başka yolları da vardır ancak bu metotlardan hiçbirisi adım adım gelişerek pıhtılaşma kaskadını oluşturacak bir öncül değildir. Örneğin vücut, yaranın yakınlarındaki damarları büzerek kan akışını durdurmaya çalışabilir. Ayrıca trombosit denilen kan hücreleri küçük yaraları kapatmak için yara etrafındaki alana yapışabilir. Ancak bu sistemlerin zamanla gelişerek pıhtılaşma sistemine dönüşme ihtimali, yapışkanlı bir tuzağın mekanik bir fare kapanına dönüşme ihtimali kadardır.

Düşünülebilecek en basit pıhtılaşma sistemi, bir organizma yaralandığında rastgele biraraya gelen tekil proteinler olabilir. Bunu, tamamen kesilip hassas biçimde dengelenmiş ve Foghorn Leghorn'un yerde yürürken yarattığı titreşimlerle dengesi bozulabilecek bir telefon direğine benzetebiliriz. Ancak rüzgâr ve diğer faktörler de horoz ortalıkta yokken direğin devrilmesine neden olabilir. Ayrıca direğin hangi yöne düşeceği de belirlenmemiştir. Aynı şekilde basit pıhtılaşma sistemi de şartlara uygun olmayacak şekilde tetiklenebilir ve bir taraftan kaynakları israf ederken diğer yandan organizmada hasara yol açabilir. Ne çizgi filmdeki sistemin ne de pıhtılaşma sisteminin basitleştirilmiş hali, asgari işlev kriterini karşılamayacaktır. Rube Goldberg sistemlerinde sorun en son gerçekleşen faaliyet (telefon direğinin düşmesi, pıhtı oluşumu) değildir; daha ziyade kontrol sistemidir.

Gerçeğinden daha basit bir kan pıhtılaşma sistemi de hayal edilebilir. Yani Stuart faktörünün, kaskadı aktif hale getirdikten sonra doğrudan fibrinojeni keserek fibrin elde edilen, trombinin bypass edildiği bir sistem düşünülebilir. Pıhtı sisteminin kontrol ve zamanlama meseleleri uyan bir şekilde başlatılmadığında gerçek sistemle çok az farkı bulunan hayali sistem bile zamanla gelişerek eksiksiz, gerçek sisteme dönüşmeyecektir. Trombinsiz sisteme yeni bir protein eklenirse ya sistem aniden harekete geçerek organizmanın derhal ölümüne sebep olacak, ya da hiçbir şey olmayacağından ilgili proteinin seçilmesi için bir neden kalmayacaktır. Kaskatın yapısı gereği yeni bir proteinin hemen denetim altına alınması gerekmektedir. Başlangıçtan itibaren kaskata yeni bir adım eklemek için hem yeni bir proenzim hem de onu

doğru zaman ve yerde aktifleştirecek bir enzim gerekmektedir. Her adım pek çok bölümden oluştuğu için sadece pıhtılaşma sistemi değil, adımları da eksiltilemez karmaşıklıktadır.

Bir gemi geçiş kanalı bence kan pıhtılaşma sisteminin bu özelliği için iyi bir örnek olacaktır. Panama Kanalı, gemilerin Pasifik Okyanusu ile Karayip Denizi arasındaki geçişini sağlar. Kara, deniz seviyesinden yüksekte olduğu için yükseltme havuzundaki su, gemiyi bir süre seyahat edebileceği bir seviyeye kadar kaldırır. Daha sonra başka bir yükseltme havuzu gemiyi daha yüksek bir seviyeye kaldırır. Sonra da diğer taraftaki havuzlar gemiyi deniz seviyesine kadar indirir. Her havuzda gemi yükseldikçe ya da alçaldıkça suyu tutan bir kapak vardır ve ayrıca havuzu doldurup boşaltan bir su pompası da mevcuttur. Başından itibaren her havuzda kapak ve pompa olmazsa sistem çalışmayacaktır. Sonuç olarak kanaldaki her havuz eksiltilemez karmaşıklıktadır. Aynı şekilde kan pıhtılaşma sisteminin her bir denetim noktasındaki aktifleşmeyi bekleyen proenzimlere ve onları aktifleştirecek ayrı bir enzime ihtiyaç vardır.

DAHA BİTMEDİ

Pıhtılaşma bir kez başlayınca vücuttaki tüm kan katılaşmadan nasıl durdurulur? Pıhtılaşma pek çok yönden yaranın bulunduğu yerle sınırlıdır (Bkz. Şekil 4-3). İlk önce, antitrombin adı verilen bir plazma proteini, aktif halde bulunan pıhtılaştırıcı proteinlerin büyük bölümüne bağlanarak onları pasif duruma getirir. Antitrombinin kendisi de nispeten aktif değildir ancak heparin adı verilen bir maddeyle birleşince aktif hale geçer. Heparin hücrelerde ve zarar görmemiş damarlarda bulunur. Pıhtıyı sınırlamanın ikinci bir yolu da C proteininin faaliyetinden yararlanmaktır. Trombin tarafından aktif hale getirildikten sonra C proteini akselerini parçalar ve antihemophilic faktörü harekete geçirir. Son olarak trombomodulin adı verilen bir protein kan damarlarının içindeki hücrelerin yüzeyini kaplar. Trombomodulin trombinle birleşerek onun fibrinojeni kesme yeteneğini azaltırken eşzamanlı olarak C proteinini harekete geçirme yeteneğini artırır.

Pıhtı bir kere oluştuktan sonra oldukça kırılgan bir yapıdadır. Eğer yaralı bölge bir yere çarparsa pıhtı dağılır ve kanama yeniden

başlar. Bunu önlemek amacıyla vücut pıhtıyı güçlendirici bir metot kullanmaktadır. Fibrinler biraraya toplanır ve FSF (fibrin stabilizing factor – fibrin dengeleme faktörü (Ç.N.)- adı verilen aktif bir protein ile birbirine bağlanır. FSF, farklı fibrin molekülleri arasında çapraz bağlar oluşturur. Sonuç olarak yara iyileştiğinde kan pıhtısının temizlenmesi gerekmektedir. Plazmin adı verilen bir protein, fibrin pıhtılarını kesecek bir makas işlevi görür. Ancak plazminin fibrinojen üzerinde bir etkisi yoktur. Plazmin çok hızlı hareket edemez. Fakat yaranın tamamen iyileşmesi için yeterli zamanı olur. Yani plazmin başlangıçta aktif olmayan bir şekilde, plazminojen olarak bulunur. Plazminojenin plazmine dönüşmesi için t-PA adı verilen, katalizör proteinine ihtiyacı vardır. Ayrıca pıhtıyı çözen başka proteinler de mevcuttur. Bunlardan birisi de plazminle birleşerek onun fibrin pıhtıyı parçalamasını önler.

Foghorn Leghorn'un kafasına inen makine pek çok bileşenin büyük bir hassaslıkla birbirine temas etmesine, zamanlamasına ve yapısına bağlıdır. Eğer paraya bağlanan iplik çok uzun olur ya da top yanlış yere yöneltilirse sistem bütünüyle işlevsiz olacaktır. Aynı şekilde, pıhtılaşma aşamaları da farklı tepkimelerin zamanlamasına ve hızına hayati derecede bağlıdır. Eğer trombin prokonvertini yanlış zamanda harekete geçirirse hayvan kaskatı kesilir. Eğer proakselerin ya da antihemofilik faktör çok yavaş harekete geçerse canlı kan kaybından ölebilir. Trombinin C proteinini proakselerinden daha hızlı aktifleştirmesi ya da antitrombinin Stuart faktörünü oluştuğu hızda etkisizleştirmesi durumunda organizma tarihe karışabilir. Pıhtı oluşur oluşmaz plazminojen aktifleştirilirse pıhtı çözülecek ve sistemin işleyici bozulacaktır.

Kan pıhtısının oluşması, sınırlandırılması, güçlendirilmesi ve yok edilmesi tümleşik bir biyolojik sistemdir ve tek bir bileşendeki sorun bile sistemi işlevsiz kılabilir. Kanı pıhtılaştırıcı faktörlerden bazılarının eksikliği ya da faktörlerin noksan üretimi genellikle ciddi sağlık problemlerine yol açmakta ya da ölümle sonuçlanmaktadır. Hemofilinin en yaygın şekli, Stuart faktörünün aktifleştirilmesinde aktif Christmas faktörlerine yardım eden, antihemofilik faktörlerdeki noksanlıktan kaynaklanmaktadır. Hemofili kadar yaygın olmayan ciddi başka sağlık

sorunları da yine pıhtılaşma kademelerinde görev alan proteinlerdeki eksiklikle ilgilidir. Kanamayla alâkalı problemler genellikle pıhtılaşmayla doğrudan bağlantısı bulunmayan FSF, K vitamini ya da 2-antiplazmin'deki eksikliklerle ilgilidir. Ayrıca C proteininin eksikliği de büyük miktarda ve kullanışsız pıhtı oluşması sebebiyle çocuk yaşta ölümle sonuçlanabilir.

KARTLARI KARIŞTIRMAK

Bu son derece karmaşık sistemin Darwin'in evrim teorisi doğrultusunda gelişmiş olması mümkün müdür? Çok sayıda bilim adamı kanın pıhtılaşma sisteminin nasıl geliştiğini öğrenmek amacıyla yoğun bir çaba harcamışlardır. Sonraki bölümde pıhtılaşmayla ilgili olarak profesyonel bilim literatürüne girmiş en mükemmel açıklamayı bulacaksınız. Ancak öncelikle bazı ayrıntılara göz atmalıyız.

1960'ların başlarında bazı proteinlerin amino asit sırasının başka proteinlerin amino asit sırasına benzediği keşfedildi. Örneğin bir proteinin ilk on amino asit sırası ANVLEGKIIS ve diğerinin sırası da ANLLDGKIVS olsun. Bu iki sıralamada yedi pozisyon aynı iken üç pozisyon farklıdır. Bazı proteinlerde benzerlik pozisyonları yüzlerce olabilir. İki proteinin benzerliğini açıklamak için şu teori ortaya atılmıştır: Geçmişte, bir gen bir şekilde kopyalandı ve geçen zamanla birlikte iki kopya birbirinden bağımsız mutasyonlara uğradı.[49] Bir süre sonra amino asit sıralamaları birbirine benzeyen ancak aynı olmayan iki protein ortaya çıktı.

Siyam kralı, yardımcılarından her şartta geçerli olacak bir deyim bulmalarını istedi. Onlar da "Bu da geçer" sözünü buldular. Biyokimyada da her duruma uygun olan deyim "Varlıklar göründüğünden daha karmaşıktır" sözüdür. 1970'lerin ortalarında genlerin parçalı halde bulunabileceği keşfedildi. Yani DNA'nın sol kısmı için kodlanmış bir protein orta ve sağ kısımlar için kodlanmış proteinlerden ayrılmış durumda olabilirdi. Bu da, sözlükte karnaval kelimesine baktı-

[49] Bir gen, hücreye bir proteini nasıl üreteceğini söyleyen DNA parçasıdır.

ğınızda onu hk*ka*safı*rna*vckje*al*ksy olarak görmenize benzemektedir. Bir gen tipi bir parça olurken diğer bir tip onlarca parçadan oluşabilir.

Bölünmüş genlerin keşfi, eski proteinlerin parçalarını kodlayan genlerin, DNA parçacıklarının karıştırılarak yeni proteinlerin elde edilebileceği hipotezinin ortaya atılmasına sebep oldu. Bu durum bir kağıt destesinden her defasında farklı kâğıt çekerek yeni bir deste oluşturmaya benzemektedir. Bilim adamları hipotezi desteklemek için farklı proteinlerin ayrı bölümlerinin (domenlerin) amino asit sıraları ve şekillerindeki benzerliğe dikkat çekmektedirler.

Kanın pıhtılaşma kaskatının proteinleri yukarıda bahsedilen karıştırma için bir delil olarak sıkça kullanılmaktadır. Kaskat proteinlerinin bazı bölgeleri aynı proteinin diğer bölgeleriyle amino asit dizisi açısından benzerlik arz etmektedir. Ayrıca kaskatın farklı proteinlerinin çeşitli bölgeleri arasında da benzerlik bulunmaktadır. Örneğin Christmas faktörü, Stuart faktörü ve protrombinin hepsi de amino asit sırası açısından benzerlikler göstermektedir. Bunun yanında tüm bu proteinlerde sırayı K vitamini değiştirir. Daha da ötesi sıralama göz önüne alınırsa K vitamini tarafından değiştirilen ve kan pıhtılaşmasının tamamında yer almayan başka proteinler ile de benzerlik göze çarpmaktadır.

Sıra benzerliklerinin varlığı inkâr edilemeyecek kadar belirgindir. Yine de gen kopyalaması ve karıştırılması hakkındaki hipotez herhangi bir protein ya da protein sisteminin ilk kez nasıl ortaya çıktığı hakkında bir şey söylememektedir. Hızlı ya da yavaş veya doğal seleksiyon ya da başka bir mekanizma mı? Hipotez burada susmaktadır. Şunu da hatırlayalım ki bir fare kapanının yayı bir saat yayına benzeyebilir ve manivela da kapanın vurucu kısmını temsil edebilir, ancak benzerlikler fare kapanının nasıl üretildiği hakkında bilgi vermez. Bir sistemin Darwin'in evrim teorisine uygun bir şekilde aşama aşama geliştiğini iddia edebilmek için sistem fonksiyonlarının "sayısız, ardışık ve küçük modifikasyonlarla oluştuğu" ispatlanmalıdır.

ŞAHESER

Artık ilerleyebiliriz. Bu bölümde kanın pıhtılaşmasıyla ilgili Russel Doolittle tarafından ortaya konulan evrimci açıklama girişimini

yeniden tasarlayacağım. Onun hipotezine göre pıhtılaştırıcı proteinlerin birbiri arkasına göründüğü bir dizi adım bulunmaktaydı. Yine de sonraki bölümde açıklayacağım nedenlerden dolayı oldukça yetersiz bir hipotezdi. Zira proteinlerin neden ortaya çıktığını açıklamıyordu. Ayrıca proteinlerin oluşması ihtimalini hesaplamamıştı. Son olarak yeni proteinlerin hangi özelliklere sahip olacağı tahmininde bulunmamıştı.

San Diego, University of California, Center for Molecular Genetics'de biyokimya profesörü olan Russel Doolittle, pıhtılaşma kademelerinin evrimleşmesi ile ilgilenen en önemli şahıslardan birisidir. Harvard'da 1961 yılında hazırladığı "The Comparative Biochemistry of Blood Coagulation"* konulu doktora tezinden bu yana farklı ve "daha basit" organizmaların kan pıhtılaşma sistemlerini incelemiştir. Bu araştırmalarında memelilerin nasıl ortaya çıktığını keşfetmeyi umuyordu. Doolittle kısa bir süre önce elindeki mevcut bilgileri *Thrombosis and Haemostasis* adlı dergide çıkan bir makalesinde yeniden ele almıştır.[50] Bu derginin hedef kitlesi kan pıhtılaşmasının çeşitli özellikleri üzerinde araştırmalar yapan profesyonel bilim adamları ile tıp doktorlarıydı. Yani pıhtılaşma konusunda dünyadaki herkesten daha fazla bilgiye sahip olan insanlardı.

Doolittle makalesine şu temel soruyla başlar: "Dünyadaki bu karmaşık ve hassas bir dengeye sahip proses nasıl evrimleşmiştir? Eğer her bir proteinin başka bir protein tarafından harekete geçirilmeye ihtiyacı varsa, sistemin nasıl ortaya çıktığı bir paradokstur. Mekanizma bütünüyle oluşmadan parçalar ne işe yarar?"

Bu sorular bu kitaptaki araştırmanın temelini oluşturmaktadır. Doolittle'ın makalesi bu açıdan uzun uzadıya alıntı yapılacak kadar değerlidir. (Şekil 4-3 ile beraber okunursa faydalı olacaktır.) Konunun genel okuyucu kitlesi açısından daha okunabilir olması için bazı teknik terimleri değiştirdim.

---

* Kanın Pıhtılaşmasının Biyokimyasal Karşılaştırması (Ç.N.)

50 Doolittle, R. F. (1993) "The Evolution of Vertebrate Blood Coagulation: A Case of Yin and Yang", *Thrombosis and Haemostasis, 70*, 24-28.

Kan pıhtılaşması, proteaz, antiproteaz ve proteazın alt tabakalarıyla ilgili ve hassas dengeye sahip bir olgudur. Genel olarak açıklamak gerekirse her yeni faaliyet, bir önceki faaliyet tarafından tetiklenmektedir. Böyle adım adım gelişim için çok sayıda benzetme yapılabilir: Etki-tepki, puan ve kontrpuan ya da iyi haber ve kötü haber. Bunların yanında benim favorim yin ve yang'dır.

Eski Çin kozmolojisine göre var olan her şey iki zıtlığın, yin ve yang'ın çeşitli birleşimlerinin sonucu oluşmuştu. Yang baskın ilkedir ve faaliyet, yükseklik, ısı, ışık ve kuruluğu temsil etmektedir. Yin ise çekinik, dişil idleri ve pasiflik, derinlik, soğukluk, karanlık ve ıslaklığın temsilcisidir. Bu ikisinin evlilikleri her varlığın gerçek özünü teşkil etmektedir Omurgalıların pıhtılaşma sistemi ile ilgili aşağıdaki senaryoyu, bunun bir benzetme olduğunu unutmadan okumanızı öneririm. Enzim ya da proenzimleri yang, enzim olmayanları da yin olarak belirttim.

Yin: Doku faktörü (TF)'nin, başka bir protein olan EGF domenlerini bağladığı için, bir genin kopyalanması sonucu ortaya çıktığı görünmektedir. Yeni genin oluşması için dokunun zarar görmesi sonucu kan ya da hemolenf** ile temas gereklidir.

Yang: Protrombin, eklenmiş EGF domenleri ile birlikte, çok eski bir kılıkta görünmektedir. Protaz gen kopyası ve karıştırılmasının sonucu gibi... EGF domeni eklenecek bir alan ve açığa çıkmış TF'nin aktifleşme yeri olarak hizmet vermektedir.

Yin: Hücre zarına yapışık bir protein bölgesinden dolayı, bir genin kopyalanmasının etkisiyle bir trombin-alıcısı şekillenmiştir.

Tekrar Yin: Fibrinojen dünyaya gelir. Trombine duyarlı (uzatılmış) bir baba ve (birleşik yapılı bir protein olan) anneden türeyen bir protezinden.

Tekrar Yin: Antitrombin III görünür. Neredeyse aynı yapıya sahip bir proteinin kopyalanmasıyla oluşur.

Yang: Plazminojen, hâlihazırda mevcut çok sayıda proteazdan üretilir. Fibrinle birleşebilen alanlarla birlikte gelir. Bakteriyel protein-

** Bazı omurgasızlarda, hemosöl adı verilen vücut boşluğu içerisinde bulunan sıvı. (Kaynak: http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipakct/canlilar/sozluk.htm) (Ç.N.)

lerle birleşme faaliyetleri, antibakteriyel bir ajanın eski bir rolünü çağrıştırmaktadır.

Yin: Antiplazmin, muhtemelen antitrombin olan neredeyse aynı yapıya sahip bir proteinin kopyalanması ve modifikasyonu sonucu ortaya çıkmıştır.

Yin ve yang: Trombini aktifleştirebilen (çapraz bağlı) bir protein serbest kalmıştır.

Yang: Doku Plazminojen Aktifleştiricisi (TPA) türemiştir. Çeşitli karışık domenler onun fibrin de dahil olmak üzere farklı maddelerle birleşmesine imkan tanımakta.

Evlilik: "Gla-" domeni kazanımıyla protrombin değişime uğrar. Kalsiyumla birleşebilme ve (negatif yüklü) spesifik yüzeylerle birleşebilme yeteneği elde edilmiştir.

Yin: Neredeyse aynı yapıya sahip bir proteinden dolayı gen kopyalanması sonucu proakselerinin[51] belirmesi ve diğer bazı gen parçalarının kazanılması gerçekleşir.

Yang: Bir süre önce gla-lanmış protrombinin bir kopyası olan Stuart faktörü ortaya çıkar. Onun proakselerin ile birleşme yeteneği, protrombin'in TF tarafından aktifleştirilmesinden bağımsız bir şekilde aktifleşmesini sağlayabilir.

Tekrar Yang: Prokonvertin, Stuart faktöründen kopyalara, protrombini fibrinle daha iyi bir şekilde birleşmesi için serbest bırakır. Prokonvertin, doku faktörü ile birleştiğinde Stuart faktörünü (keserek) aktifleştirebilmektedir.

Tekrar Yang: Stuart faktöründen Christmas faktörü oluşur. Bir süre için her ikisi de proakselerin ile birleşir.

Yin: Proakselerin'den antihemofilik faktör. Christmas faktörüyle etkileşebilmek için hemen adaptasyona uğrar.

Yang: C proteini kalıtsal olarak protrombinden türer. Proakselerin ve antihemofilik faktörü sınırlı oranda keserek etkisizleştirir.

---

[51] Kanın pıhtılaşmasında rol alan proteinler genellikle Roma rakamlarıyla numaralandırılmıştır. Doolittle bu terminolojiyi *Thrombosis and Haemostasis* makalesinde kullanmıştır. Açıklık ve uygunluk açısından ben de aynı şekilde alıntıladım.

Boşanma: Protrombin, fibrinin (TF ile etkileşimde artık kendisine ihtiyaç duyulmayan) EGF domenlerinden bağlanmak için kendisine (protrombin) domenler veren bir (gen parçaları) değiş tokuş olayına dahil olur.

TEKRAR AMA NASIL?

Şimdi kısa bir süre için Profesör Doolittle'ın senaryosuna eleştirel bir gözle bakalım. İlk göze çarpan şey nedensel hiçbir faktörün olmayışıdır. Doku faktörü "görünür", fibrinojen "doğar", antiplazmin "ortaya çıkar", TPA "türer", çapraz bağlı bir protein "serbest kalır" gibi. Sormamız gereken soru tüm bu ortaya çıkmalara gerçekte neyin sebep olduğudur. Doolittle'ın, gen parçacıklarının yönsüz, rastgele kopyalanma ve yeniden birleşmesini içeren aşamalı bir Darwin senaryosu düşündüğü görülmektedir. Ancak doğru gen parçasının doğru yere gelmesi için inanılmaz bir tesadüf gerektiği de unutulmamalıdır. Ökaryotik organizmalar çok az sayıda gene sahiptirler ve farkıl proseslerle çeşitlenirler. Buna göre kan pıhtılaşmasında görev alacak yeni bir proteinin karıştırma yoluyla elde edilmesi, anlamlı bir paragraf ortaya çıkarma beklentisiyle, yüzlerce ansiklopediden bir düzine rastgele cümle seçmeye benzemektedir. Profesör Doolittle, TPA benzeri aktivitelerde bulunan bir protein elde edilebilmesi için kaç tane yanlış, etkisiz, kullanışsız "çeşitli derecelerde karıştırılmış domenin" ıskartaya çıkarılacağını hesaplamamıştır.

Problemi daha iyi canlandırmak için hızlı bir hesaplama yapalım. Hayvanların kan pıhtılaşma kaskadında kabaca 10 bin gen vardır ve her biri ortalama olarak üç parçaya bölünmüştür. Bu da toplamda yaklaşık 30 bin gen parçacığı demektir. TPA'nın dört farklı tipte domeni vardır.[52] "Çok sayıda karıştırma" yolu ile bu dört domeni biraraya getirme ihtimali[53] 30 binin 4. kuvvetidir ve bu da ihtimâl

---

[52] TPA'nın toplam beş domeni vardır, ancak iki tanesi aynı tiptedir.

[53] Domenler farklı zamanlar biraraya gelse bile ihtimaller değişmeyecektir – 1 ve 2. domenlerin bir olayda biraraya gelmesi, daha sonra 3. domenin eklenmesi vs. Siyah ve beyaz toplar bulunan bir varilden dört siyah top çekme ihtimalini düşünün. Hepsini bir seferde çekseniz ya da ikişer ikişer çekseniz oran değişmeyecektir.

anlamında yaklaşık olarak 0.1'in 18. kuvvetine eşittir.[54] Şimdi, İrlanda'da oynanan bahislerde kazanma ihtimali bu kadar olsa ve her yıl bir milyon kişi bahis oynasa (belirli bir şahıs değil) herhangi birinin kazanması için yaklaşık bin milyar yıl geçmesi gerekmektedir. Bu da evrenin yaşı hakkında yapılan tahminlerin kabaca yüz katıdır. Doolittle'ın "ortaya çıktı" gibi nedensel ifadeleri çok büyük zorluklar içermektedir. Bu kadar düşük ihtimallerin söz konusu olduğu aynı problem protrombinin "proteaz gen kopyalanması ve karıştırılması sonucu olarak ortaya çıkması", fibrinojen'in "türemesi", plazminojen, proakselerin ve her bir protrombin düzenlemesi ile ilgili tahminleri ciddi şekilde gözden geçirmeye itmektedir. Doolittle'ın oyunu kazanmak için kartları karıştırıp kendine mükemmel bir briç eli dağıtması gerekmektedir. Ne yazık ki evrenin bekleyecek vakti yoktur.

Üzerinde düşünülmesi gereken ikinci mesele de kopyalanmış bir genden üretilen bir proteinin hemen gerekli işlevleri kazanacağına dair dolaylı varsayımdır. Yukarıdaki senaryoda "Doku faktörü (TF)'nin, başka bir protein EGF domenlerini bağladığı için, bir genin kopyalanması sonucu ortaya çıktığı görünmektedir" denilmekteydi. Ancak gerçekte doku faktörü başka bir proteinin kopyalanmasının sonucu olarak görünmemektedir. Eğer bir fabrika kopyalanmış bisikletler üretiyorsa sonuç motosiklet değil yine bisiklet olacaktır. Zira kopyalamanın anlamı budur. Bir protein geni rastgele mutasyon sonucu kopyalanabilir, ancak gerekli işlevlere sahip olmayabilir. Kopyalanmış bir gen basitçe eskisinin kopyası olacağı için doku faktörünün ortaya çıkışı ile ilgili açıklama, onun fonksiyonlarını da makul bir biçimde açıklayabilmelidir. Bu sorundan dikkatle kaçınılmıştır. Doolittle'ın çizdiği tabloda protrombin, bir trombin alıcısı, antitrombin, plazminojen, antiplazmin, proakselerin, Stuart faktörü, prokonvertin, Christmas faktörü, antihemofilik faktör ve protein C'nin (neredeyse sistemdeki tüm proteinler) oluşumuyla ilgili hep aynı problem vardır.

---

[54] Bu hesap oldukça cömerttir. Varsayımda bulunduğu tek konu dört tip domenin doğru çizgisel sırada olduğudur. Bununla birlikte bir işe yaraması için kombinasyon genomun aktif bir bölgesine yerleştirilmeli, parçaları biraraya getirecek doğru işaret yerinde olmalı, dört domenin amino asit sırası diğerleriyle uyumlu olmalı ve ayrıca başka şartlar da sağlanmalıdır. Bu diğer şartlar olayı çok daha düşük ihtimalli hale getirmekten başka bir işe yaramazlar.

Kanın pıhtılaşması senaryosundaki üçüncü problem ise, pıhtının ne hızda, ne zaman, nerede oluşacağı gibi önemli konulardan neden kaçındığıdır. Başlangıçta, eldeki pıhtılaştırıcı maddenin miktarı, ilkel bir sistemin oluşturduğu pıhtının dayanıklılığı, yara oluşumu ile pıhtılaşma arasında geçen zaman, pıhtının dayanabileceği akış basıncı, yanlış ve uygunsuz pıhtı oluşumunun vereceği zarar ve başka yüzlerce benzeri soru hakkında hiçbir şey söylenmemiştir. Bu ve diğer faktörlerin mutlak ve bağıl değerlerine göre yapılacak belirli bir varsayımın doğrulayacağı gibi tamamen yanlış da çıkarabilir. Örneğin sadece az bir miktar fibrinojen mevcut olsaydı yarayı kapatmaya yetmeyecekti. Eğer ilkel fibrin bir ağ değil de rastgele bir damla şeklinde olsaydı muhtemelen kanı durduramayacaktı. Eğer antitrombinin başlangıçtaki faaliyeti çok hızlı olsaydı, trombinin başlangıç faaliyeti çok yavaş olacaktı; ya da orijinal Stuart faktörü veya Christmas faktörü veya antihemofilik faktör çok zayıf veya çok sıkı bağlar oluşturacak (ya da hedeflerinin aktif hallerine olduğu kadar aktif olmayan hallerine de bağlansalardı) ve bütün sistem çökecekti. Doolittle'ın kurduğu modelde istisnasız hiçbir adımda sayı ya da miktar belirtilmemiştir ki, sayılar olmadan bilimin bir değeri yoktur. Böyle karmaşık bir sistem için sadece sözlü bir tasvir yapıldığı zaman onun gerçekten çalışıp çalışmayacağını bilmenin bir yolu yoktur. Böyle önemli soruları yok sayarsak bilim dünyasından çıkıp Calvin ve Hobbes'un çizgi dünyasına girmiş oluruz.

Yine de şu ana kadar en ciddi eleştiriden bahsetmedik. En ciddi ve en belirgin itiraz eksiltilemez karmaşıklık hakkındadır. Darwinci evrimin motoru olan doğal seleksiyonun sadece seçilecek bir şeyler olduğu zaman çalıştığını vurgulamalıyım. Yani gelecekte olmasa da şu anda işe yarayan bir şey olmalıdır. Doolittle'ın senaryosunu doğru kabul etsek bile en azından üçüncü adıma kadar pıhtı oluşumu yoktur. Birinci adımda doku faktörünün oluşumu açıklanmamıştır. Zira senaryoya göre bu madde hiçbir şey yapmadan ortamda dolanıyor görünmektedir. Sonraki adımda (protrombinin kendisini bir şekilde aktifleştiren doku faktörüyle birleşme yeteneğine sahip olarak ortaya çıktığı adım) zayıf ön-protrombin de hiçbir şey yapmadan duracak ve üçüncü adımda farazi bir hipotezin öne sürdüğü alıcılarıyla, dördüncü adımda da fibrinojenin devreye girmesini bekleyecektir. Plasminojen

ilk adımda ortaya çıkmaktadır ancak onu aktifleştiren TPA bundan ancak iki adım sonra görülmektedir. Aynı şekilde Stuart faktörü de ani bir aşamada ortaya çıkar, fakat bir sonraki adımda kendisini aktifleştiren prokonvertin olmadığı ve doku faktörü de kendisiyle birleşmeye karar vermediği sürece hiçbir işe yaramaz. Önerilen senaryoda neredeyse tüm adımlarda aynı sorunlar mevcuttur.

"İki adım geçmeden aktifleştirici ortaya çıkmaz" gibi ifadeler üzerinde derin düşünülmediği sürece çok da etkileyici görünmemektedir. Pıhtılaşma rotasının herhangi bir adımında hem proenzim hem de o proenzimi aktifleştirici madde olmak üzere iki protein gerektiğinden, bu iki proteinin birlikte ortaya çıkma ihtimali kabaca tek bir proteinin ortaya çıkma ihtimalinin karesi kadardır. Sadece TPA'yı elde etme ihtimali 0.1'in 18. kuvveti ise; buna göre TPA'nın ve de aktifleştiricinin oluşma ihtimali de 0.1'in 36. kuvveti olacaktır. Bu, korkunç derecede büyük bir sayıdır. Evrenin 10 milyar olan yaşı, tek bir saniye olarak düşünülse ve her saniyenin de 10 milyar yıl olarak tekrar yaşanıldığı düşünülse bile, bu ihtimalin gerçekleşmesi için çok daha fazla beklenmesi gerekecektir. Ancak gerçek durum bundan çok daha kötüdür: Eğer bir adımda görünen protein[55] hiçbir şey yapmadan duruyorsa mutasyon ve doğal seleksiyon onu eleme eğilimindedir. Yaptığı iş önemli olmadığı için ortadan kaybolması çok fazla sorun teşkil etmeyecektir. Ayrıca gen ve protein üretimi için enerji harcanması gereklidir ve işe yaramayan proteinlerin üretimi az da olsa zarar sayılmaktadır. Darwin'in doğal seleksiyon mekanizması, pıhtılaşma kaskadı gibi eksiltilemez karmaşık sistemlerin oluşmasını engellemektedir.

Doolittle'ın senaryosu, pıhtılaşma kaskadının eksiltilemez karmaşık olduğunun dolaylı olarak farkındadır, ancak yin ve yang'a metaforik atıflarda bulunarak çelişkiyi örtmeye çalışmaktadır. Sonuç itibariyle kaskatta yer alan protein salkımının tamamı bir defada sisteme koyulmuş olmalıdır. Bu da, tüm proteinleri tesadüf eseri bir seferde elde eden bir "umulan canavar" teorisi ile ya da zeki bir ajanın rehberliğinde mümkün olabilir.

---

[55] Bir "adımın" binlerce nesil sürebileceği unutulmamalıdır. Bir mutasyon tek bir hayvanda başlayıp popülasyon aracılığı ile yayılmalıdır. Bunun için mutant hayvanın nesli, diğer tüm hayvanların yerini anlmalıdır.

Profesör Doolittle'ın verdiği örneği takip ederek ilk fare kapanının üretimi ile ilgili bir rota çizebiliriz: Çekiç, garajımızdaki bir levyenin kopyalanması sonucu ortaya çıkmıştır. Çok sayıda şeker çubuğunun karıştırılması sonucu çekiç ve platform temas etmiştir. Büyükbabanın saatinden çıkan yay, fare kapanının yayı olmuştur. Tutucu çubuk atılmış bir kola kutusundan çıkan kamıştan, yakalayıcı dil de bira şişesinin kapağından türemiştir. Ancak gerçekte, süreç boyunca birileri ya da bir şeylerin rehberliği olmadan tüm bunlar gerçekleşmez.

Doolittle'ın *Trombosis and Haemostasis*'te çıkan makalesinin muhatapları pıhtılaşma araştırmalarında önder olan kimselerden oluşmaktadır. Onlar şaheserin farkındadır. Ancak makalede pıhtılaşmanın nasıl ortaya çıktığı ve sonraki gelişmeleri açıklanmamaktadır. Anlatılan şey sadece bir öyküdür. Gerçek şudur ki *dünya üzerinde hiç kimse pıhtılaşmanın nasıl oluştuğu hakkında bir fikre sahip değildir.*

ALKIŞ, ALKIŞ

Yukarıdaki tartışmanın amacı Russel Doolittle'ı aşağılamak değildi. Doolittle'ın protein yapısı konusunda yıllarını verdiği çok güzel çalışmaları vardır. Aslında bu karmaşık biyokimyasal sistemin nasıl ortaya çıktığı konusunda ciddi araştırmalar yapan birkaç (belki de tek) insandan biri olması sebebiyle övgüyü hak etmektedir. Kan pıhtılaşmasının kökenlerini keşfetmek için daha fazla çaba harcayan ikinci bir kişi yoktur. Tartışmayla göstermek istediğim şey birinci sınıf ve kararlı bilim adamlarının, üzerinde yıllarca çalışmalarına rağmen fazla ilerleme kaydedemedikleri bir problemin zorluklarını (aslında imkânsızlığını) göstermekti. Kan pıhtılaşması, basit görünen bedensel proseslerin altında yatan hayret verici karmaşıklık için bir örnektir. Basit olguların arkasındaki karmaşıklıkla karşılaşan Darwin teorisi, sessizliğe gömülmektedir.

Rube Goldberg makinesi gibi pıhtılaşma kaskadı da nefesleri kesecek kadar dengeli hareket eder. Bu hareket, Foghorn Leghorn telefon direğini itip yerden kalkıncaya, yaradan akan kan duruncaya kadar, titiz bir sıralama ve hassasça ayarlanmış açılarla hareket eden bir biyokimyasal maddeler gösterisi (değişen enzimlerin sunduğu çeşitli dekorasyon ve aranjmanların içinde) halinde devam etmektedir; izleyiciler de kesintisizce alkışlamaktadır.

V. BÖLÜM
BURADAN ORAYA

KIZAMIK

Klinikteki doktor ateş, ağrı ve gözlerdeki kanlanma sebebiyle okula gidemeyen üçüncü genç hastayı muayene etmektedir. Daha önceki iki hasta gibi bu çocuk da kızamık olmuştur. Kızamıkçık değil, kızamık olmuştur. Bu hastanın ilk ikisi gibi, hastalığa karşı bağışıklığı yoktur. Şehrin iç bölgelerindeki kalabalık bir mahallede oturan birkaç çocuk bu hastalığa yakalanmıştır. Kızamık bugünlerde az rastlanan bir hastalıktır ve insanlar onun ne kadar tehlikeli olduğunu unutmuştur. Vücutta geçici olarak beneklere sebep olan ve dinlenmeyle geçecek bir hastalık olarak düşünülmektedir. Ancak bu düşünce yanlıştır. Kızamık, hastayı başka enfeksiyonlara karşı daha dayanıksız hale getirir. Bunlardan birisi de beyin iltihabıdır. Doktor, ilk hastanın öldüğünü öğrenir.

Aynı mahallede bir haftada üç vakaya rastlanması hastalığın yayılmakta olduğunun işaretidir. Doktor, bir salgının yaklaşmakta olduğundan endişelenir. Derhal şehirdeki sağlık sorumlularını durumdan haberdar eder. Sağlık müdürü Atlanta'daki Hastalık Kontrol Merkezi'ne (CDC) faks çekerek 10 bin doz kızamık aşısı talep eder. Aşıların, hastalığın görüldüğü muhite hemen ulaştırılarak salgının durdurulması planlanmaktadır. Hastalanan çocuklar karantinaya alınacak ve salgın kontrol altına alındıktan sonra çocukluk döneminde bulaşması muh-

temel virüsler hakkında bir eğitim programı başlatılacaktır. Ancak öncelikle aşıya ihtiyaç vardır.

CDC faksı alır ve talebi onaylar... Bir teknisyen kızamık, çiçek, suçiçeği, difteri, menenjit ve daha birçok hastalığın aşılarının saklandığı devasa dondurucuların bulunduğu depoya gider. Paketlerin üzerindeki etiketleri kontrol ederek arka köşede kızamık aşısı kutularını bulur ve onları bir el arabasına yükler. Arabayı iterek hava alanına gitmek üzere bekleyen soğutuculu bir kamyonun yanına götürür. Hava alanında kamyon bir ticari paket dağıtım servisi terminaline yaklaşır. Terminalde çok sayıda uçak vardır ancak kamyon şoförü doğru şehre gidecek uçağı tabelasından tanır.

Aşı kutuları uçağa yüklenir ve uçak havalanır. Hastalığın etkilediği şehirdeki hava alanında yine soğutma sistemli başka bir kamyon uçağı beklemekteydir. Aşı paketleri etiketlerinden tanınır, uçaktaki diğer paketlerden ayrılır ve kamyona yüklenir. Kamyon sürücüsü paketlere iliştirilmiş bir kâğıttan kliniğin adresini öğrenir ve gaza basar. Klinikte sağlık görevlilerinden oluşan bir kalabalık paketleri kamyondan indirir ve açar. Sonra kalabalık bir çocuk grubu aşı olarak bağışıklık kazanmak üzere kliniğe gelir. Her çocuk geçişinde hemşire bir aşı şişeciği alır, yumuşak metal kapağı koparır, bir şırınga iğnesini şişeciğe sokar, sıvıyı içeri çeker ve aşıyı yüzünü buruşturan çocuğa enjekte eder.

İzlenen strateji işe yarar. Kızamığa yakalanan birkaç çocuk daha olur ancak ölümle sonuçlanan bir vaka olmaz. Salgın kontrol altına alınır ve şehirdeki yetkililer eğitim kampanyasına ağırlık verirler.

AH! HAYIR!

Yönetmen koltuğun arkasına yaslanır ve elindeki notu masaya fırlatır. "Salgın!" adındaki ilk televizyon filmi oldukça iyi etki uyandırmaktadır. Filmde drama, aksiyon, sevimli çocuklar, çekici doktor ve hemşireler ve asil memurlar vardır. Katil bir salgın hastalık insanoğlunun maharet, planlama ve teknik uzmanlığı ile mağlup edilmiştir.

Ah! Yönetmen mutlu sonları sevmemektedir. Hayatı boyunca bunu yutacak aptal, beceriksiz insanlarla karşılaşmıştır. Apandisit ameliyatı için hastaneye giden kız kardeşi ne yazık ki yetenekli bir

cerrah tarafından safra kesesi ameliyatına alınmıştır. Komşularından birisinin amcası olan bir bölge sorumlusu, sessiz olan mahallede bir atari salonu açılmasına izin vermiştir. Son olarak mahalli okullardaki saldırgan öğrenciler arabasının tekerleklerini patlatmışlardır. Yönetmen doktorları sevmez, politikacılardan nefret eder ve çocukları hor görür.

Bunların yanında yönetmenin büyük bir sanatçı olma arzusu vardır. Büyük sanatçıların, insanın sınırlarının sebep olduğu zaaf ve trajedilere değinmesi beklenir. Shakespeare'in yaptığı da bu değil midir? Kirlenmiş kitlelerin zevkini tatmin etmeye çalışmazlar. Yönetmen gözlerini kapar ve farklı bir senaryo tasarlamaya başlar.

Salgın başlar, yetkililer toplanır ve CDC'ye haber verirler. Teknisyen depoya iner ve üzerinde "kızamık aşısı" etiketi bulunan kutuları alır. Kutular kamyona yüklenir, oradan hava alanına gider, uçağa yüklenir, hastalık olan şehre götürülür ve kliniğe ulaştırılır. Çocuklar tek sıra halinde hemşirenin önünden geçerek aşı olur ve bu sırada gözlerini kapatıp çığlık atarlar. Günler geçer ve üç çocuk daha ölür. Bir hafta sonunda ölen çocuk sayısı yirmiyi bulur. Üstelik ölen çocuklardan bazıları aşılanmıştır. İki ay sonra iki yüz çocuk ölmüş ve binlercesi de hastalığa yakalanmıştır. Bunların tamamına yakını da aşı olmuştur. Yetkililer şaşkındır ve soruşturma emri verirler. Soruşturma sonucunda difteri aşılarının yanlışlıkla kızamık aşısı olarak etiketlendiği ortaya çıkar. Neredeyse şehirdeki tüm çocuklar hastalanmıştır. Yapılacak bir şey yoktur. Hastalık serbestçe yayılmaktadır.

Yönetmen gülümser. Bazı sokak serserilerini hasta çocuk rolünde oynatacağından emindir.

Belki de her şeye rağmen hastalığın yayılması için filmin daha uzun sürmesi gerekmektedir. Örneğin CDC'nin görevlendirdiği teknisyen, depoya gidip bütün kutulardaki etiketlerin çıkmış olduğunu görebilir. Soğutucunun fanı tüm etiketleri havaya uçurup iyice karıştırmış olabilir. Teknisyenin yüzünde ter damlacıkları belirir, zira hangi aşının doğru kutuda olduğunu analiz etmek haftalar alacaktır. Bu haftalar boyunca hastalık yayılacak, politikacılar bağırırken çocuklar ölecektir; kendisinin de işten atılması söz konusudur.

Daha farklı temalar da kolayca bulunabilir. Örneğin kamyon, paketleri yanlış uçağa yükler ya da uçaktaki paketler yanlış kamyona alınır. Kamyon gangsterler tarafından kaçırılabilir. Yanlış binaya gidebilir. Aşı şişecikleri yanlışlıkla sert metal kapakla kapanır ve kırılmadan, içindeki madde kirlenmeden açılması imkansız hale gelir. Tüm bu durumlarda yönetmen insanların beceriksizliğine vurgu yapmaktadır. Bilimdeki büyük başarılar – hastalıkla mücadele için geliştirilen aşılar, erzak taşınmasını hızlandıran hava ve kara araçları – sadece aptallıkla kolayca hüsrana uğrayabilir.

Yönetmen dizine vurur. Evet, filmin konusu bir savaş, destansı bir mücadele olacaktır: Albert Einstein Three Strooges'a* karşı. Üstelik Einstein'ın başarısı için dua eden kimse de yoktur.

DAĞITIM SERVİSİ

Yönetmenin yazdığı senaryoda ortaya çıkan tüm problemler, bir paketin en son gideceği hedefe ulaşmasıyla ilgilidir. Filmin konusu hastalık ve ölüm olsa da, ortaya konan problemler, belirli bir paketin belirli bir hedefe ulaşmasıyla ilgili bütün girişimlerde ortaktır. Philedelphia'da bir terminalde New York'a gitmek için otobüse binmeye çalıştığınızı farz edin. Yüz adet otobüs yan yana dizilmiştir ve her an yola çıkabilecek şekilde motorları çalışmaktadır. Ancak otobüslerin üzerinde, nereye gittiklerine dair en ufak bir işaret yoktur ve gerek şoför gerekse yolcular bu konuda sizinle konuşmayı reddetmektedirler. Neticede en yakın otobüse atlar ve soluğu Pittsburg'da alırsınız.

Otobüs sistemi, CDC'nin karşılaştığı sorunun aynısıyla uğraşmak zorundadır: Doğru paketleri (yolcular) doğru hedefe ulaştırmak. Atlı posta sistemi de aynı problemle karşı karşıyadır. Binici, mektup torbasını almak için attan indiğinde mektup yollayan kişi torbanın gideceği yerle atın gittiği yerin aynı olduğundan emin olmalıdır. Ayrıca binicinin de gittiği yeri bilmesi gerekmektedir.

Bütün kargo dağıtım sistemleri aynı sorunlarla karşı karşıyadır: Kargonun doğru adresle etiketlenmesi gerekir; taşıyıcı adresi tanımalı

* Bir Amerikan komedi dizisi. Bkz: http://www.threestooges.com

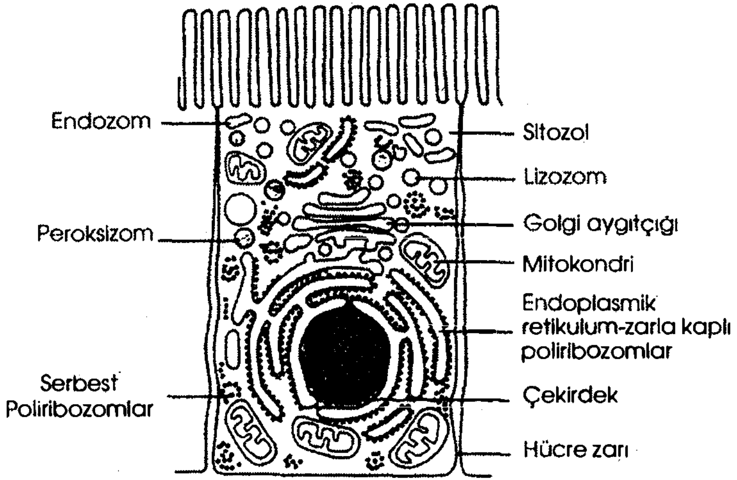
ve kargoyu doğru araca yüklemelidir; araç, hedefe ulaştığını fark etmelidir; son olarak kargo araçtan indirilmelidir. Bu adımlardan herhangi birisi olmazsa bütün sistem başarısız olacaktır. Yönetmenin senaryosunda olduğu gibi paketler etiketsiz ya da yanlış etiketlenmiş olursa doğru paketler depodan çıkmayacaktır. Adres yanlış olur ya da doğru adrese vardıktan sonra konteynır açılamazsa, asla hedefe ulaşmamış olacaktır. Sistemin doğru işlemesi için her şeyin yerli yerinde olması gerekir.

Ernst Haeckel hücreyi protoplazmadan oluşan homojen bir küre olarak düşünüyordu ancak bu yanlış bir düşünceydi. Zira bilim adamları hücrelerin kompleks yapılar olduğunu göstermişlerdir. Özellikle ökaryot hücreleri (bakteriler hariç bütün organizmaların hücreleri) farklı görevler üstlenmiş çok sayıda bileşenden oluşur. Nasıl ki bir evde mutfak, çamaşır odası, yatak odası ve banyo varsa bir hücrede de farklı işler için özelleşmiş farklı bölgeler bulunmaktadır (Şekil 5-1). Bu bölgelerden bazıları DNA'nın bulunduğu çekirdek, hücre için gerekli enerjinin üretildiği mitokondri, proteinleri işleyen endoplazmik retikulum, proteinlerin taşınmasını sağlayan Golgi cisimciği, hücrenin atık dönüştürme birimi olan lizozom, dışarıya atılacak kargoyu depolayan taşıyıcı kesecikler ve yağların kullanımına yardım eden peroksizomdur. Her bir bölüm hücrenin diğer kısımlarından kendine ait bir zar ile ayrılır. Bunun bir evdeki odaların duvar ve kapılarına benzetebiliriz. Aslında zarlar da ayrı bölümler olarak düşünülebilir zira hücrenin zara yerleştirdiği maddeler de başkalarından farklıdır.

Bazı bölümlerin çeşitli sayılarda ayrı alt bölümleri vardır. Örneğin mitokondrinin etrafında iki farklı zar mevcuttur. Buna göre mitokondrinin dört ayrı alt bölümden oluştuğu da düşünülebilir: İç zarın içindeki boşluk, iç zar, iç ve dış zar arasındaki boşluk ve dış zar. Zarlar ve iç boşluklar da sayılırsa bir hücrede yirmiden fazla bölüm bulunmaktadır.

Hücre dinamik bir sistemdir. Sürekli olarak yeni materyaller üretirken eskilerini de yok eder. Hücredeki bölümler birbirine çok yakın olduğu için her bir bölgenin yeni materyalleri alması potansiyel bir sorundur. Bu sorunu çözmenin iki yolu vardır. İlki, her bölgenin, kendine yeterli köyler gibi, kendi kaynaklarını üretmesidir. İkincisi de

yeni materyallerin merkezde üretilerek diğer bölümlere taşınmasıdır. Bu da büyük bir şehirde pantolon ve radyo üretilip küçük kasabalara taşınmasına benzemektedir. Ya da her iki yöntemin karışımı da kullanılabilir.



Şekil 5-1: Bir hayvan hücresinin bölümleri.

Hücredeki bazı bölümler kendilerine gerekli materyallerden bazılarını üretiyor olsa da proteinler genel olarak merkezi olarak üretilip dağıtılmaktadır. Proteinlerin bölümler arasında taşınması heyecan verici ve karmaşık bir süreçtir. Bir paketin karadan ya da denizden taşınmasında nasıl farklılıklar gözleniyorsa hücre içindeki taşıma sisteminde de proteinin gideceği hedefe göre ayrıntılar farklılık göstermektedir. Bu bölümde, hücrenin bir proteini atık imha birimi olan lizozoma taşımakta kullandığı sistemden bahsedeceğim. CDC'nin hayatî bir paketi taşırken karşılaştığı sorunların benzerini hücrenin de yaşadığını göreceksiniz.

UZAYDA KAYBOLMAK

Hücrede yeni üretilen bir protein çok sayıda moleküler makine ile karşılaşır. Bu makinelerden bazıları proteini yakalayarak istenilen

hedefe gönderirler. Şimdi kısaca bu yolu inceleyeceğiz. Protein makinelerinin tümünün oldukça ilginç isimleri vardır ve konuya yabancı çoğu insan için bunları zihinde canlandırmak oldukça zordur. Bunun için öncelikle bir benzetme yapacağım.

Olay uzak gelecekte geçmektedir. İnsanoğlu uzayı birinci elden keşfetmeye karar vermiştir. Ancak kuyruklu yıldızlar, manyetik fırtınalar ve hırsız yaratıklardan dolayı çok büyük tehlikeler mevcuttur. Bu yüzden görev mekanik içinde insan olmayan uzay araçlarına verilecektir. Bu araçlar gökyüzüne fırlatılacak ve galaksinin sınırlarını ve ötesini araştıracaktır. Tabii ki galaksinin sınırlarına ulaşmak zaman alacaktır. Daha uzağa gitmek içinse daha fazla zaman gerekecektir. Bunun için araçların kendi kendine yetecek şekilde tasarlanması gerekir. Kıraç gezegenlere inip işlenmemiş madenler arayabilmelidirler. Bu madenlerden tamamen yeni makineler üretebilmelidirler. Ayrıca yıldız ışıklarını enerjiye çevirebilmeleri gerekmektedir.

Uzay aracı bir makinedir ve kendisine verilen tüm görevleri sihirle değil, binbir zahmetle tasarlanmış mekanizması ile yerine getirecektir. Bu görevlerden birisi eski pilleri yenileriyle değiştirmektir. Zira kullanılan piller bir süre sonra işe yaramaz hale gelir. Yeni piller eskilerin öğütülmesiyle meydana gelir; eski bileşenler alınacak, eritilip yeni kimyasallar eklenerek tekrar kutularının içine konulacaktır. Bu işlemde kullanılacak makinelerden birisi "pil ezici"dir.

Uzay aracı devasa bir küre şeklinde tasarlanmıştır. İçinde de bir dizi küçük, kendi kendine yeten küreler vardır ve her biri özel bir görevi yerine getirecek şekilde üretilmiştir. İçerideki bu kürelerin en büyüğü ("kütüphane" olarak adlandırabiliriz), uzay aracındaki bütün cihazların üretilmesi için gereken ayrıntılı planları içermektedir. Ancak bunlar bilinen planlardan farklı olarak kabartılara sahiptir. Yani bir ana makineye verildiği zaman, makine bu kabartıların oluşturduğu kodlara göre yeni bir makine üretecektir.

Bir gün uzay aracı yeni bir pil ezici üreterek atık işleme odasına göndermesi gerektiğini hisseder (hangi mekanizma ile hissettiği konumuzun dışındadır). Bu yeni makine pillerin geri dönüşüm işlemine yardımcı olacaktır. Görev yerine getirilmeye başlanır: Gerekli plan kütüphaneden kopyalanarak alınır ve bu kopya kütüphanedeki pence-

reden dışarıya uçar (ortamda yer çekimi olmadığını hatırlatmalıyım). Kopyanın kenarlarında penceredeki tarayıcı mekanizmanın pinlerine uygun bir şekilde dizilmiş zımba delikleri vardır. Kopya tarayıcıya takıldığı zaman pencerenin kanadı açılır. Kopya tarayıcıdan kurtularak dışarı, ana kürenin iç ortamına çıkar.

Kürenin içindeki ana bölgede pek çok makine ve makine parçası bulunmaktadır. Vida, somun ve kablolar serbestçe etrafta salınmaktadır. Bu bölümde, görevi diğer makineleri üretmek olan ve ana makineler olarak adlandırılan cihazların çok sayıda kopyası bulunmaktadır. Bu işlemi gerçekleştirmek için kopyadaki zımba deliklerini okur, etrafta salınan vida, somun ve kabloları toplar ve onları mekanik olarak parça parça birleştirirler.

Pil ezici ana bölgede, salınan planının kopyası, bir ana makine ile hızlıca temasa geçer, ana makinedeki bir uzantı vınlayarak döner ve biraz somun ve vida yakalayarak eziciyi oluşturmaya başlar. Ancak bundan evvel, eziciyi ana alanı terk etmesi gereken bir makine olarak işaretleyen geçici bir aksesuar üretir.

Ana bölgede adına kılavuz denilen başka bir ana makine bulunmaktadır. Kılavuzun şekli yukarıda bahsedilen aksesuarla tamamen uyumludur ve kılavuzun üzerindeki mıknatıslar iki cismin birbirine sağlamca yapışmasını sağlar. Kılavuz aksesuara yaklaşınca ana makinenin anahtarı kapanır ve ezici üretimine ara verilir.

Ana bölgedeki iç kürelerden birisinin (1. işleme odası) üzerinde kılavuzun ve aksesuarın bir bölümünü tamamlayıcı bir şekle sahip olan alıcı bir alan bulunmaktadır. Kılavuz, aksesuar ve eklenen parçalar bu bölgeye çarptığı zaman ana makinenin anahtarı açılır ve ezici üretimi devam eder.

Yukarıda bahsedilen alıcının hemen yanında bir pencere bulunmaktadır. Aksesuar, mevcut olan çok sayıda itme hareketi sonucunda pencereye hafifçe çarptığında, işleme odasının içindeki taşıyıcı bir bant harekete geçerek yeni pil eziciyi işleme odasının içine çeker. Ancak ana makine, planın kopyası ve kılavuz dışarıda kalmıştır.

Ezici, pencereden içeri çekilirken başka bir makine de artık ihtiyaç duyulmayan aksesuarı ortadan kaldırır. Tam bu sırada 1. işleme odasının esnek duvarlarına gömülü ilginç sıkıştırma makineleri bazı

makinelerin üzerini ve etrafını saran bir duvar oluşturarak yeni, serbestçe salınan bir odacık oluşturur. Duvarın arkada bulunan geri kalan kısmı iz bırakmadan kaybolur.

Oluşan yeni odacık, ikinci bir işleme odasına girmeden evvel ana bölgede kısa bir mesafe hareket eder. Etrafındaki duvarla kaynaşır ve içindeki maddeyi 2. işleme odasına boşaltır. Pil ezici daha sonra, 1 ve 2. işleme odalarındaki mekanizmalara benzer mekanizmalara sahip, 3 ve 4. işleme odalarından geçer. Buraları makinelerin kendilerini en son hedefe yönlendiren etiketleri aldıkları işleme odalarıdır. Pil ezicinin üzerinde bir anten vardır ve çok özel bir konfigürasyon için kısaltılır. Böylece diğer mekanizmalara eziciyi atık işleme odasına yönlendirmelerini söyler.

Son işleme odasının duvarlarında "çekici" makineler vardır ve bu makinelerin şekilleri ezicinin kısaltılmış antenine uygundur. Ezici çekiciye yapışır ve yapıştığı bölgedeki duvarlar, yeni bir odacık oluşturmak üzere daraltmaya başlar. Odacığın dışında, atık işleme odasının dışına yapışık duran "liman işaretçisi" adı verilen bir makinenin şekliyle uyumlu "dağıtım kodlayıcısı" adlı başka bir makine bulunmaktadır. Odacık, bu iki birbirini tamamlayıcı makineden geçerek atık işleme odasına bağlanır. Daha sonra "geçit" denilen başka bir makine bu bölgeye kayarak yaklaşır. Bu makine de şekil olarak liman işaretçisi ve dağıtım kodlayıcısının tamamlayıcısıdır. Onlara bağlandığı zaman geçit adlı makine atık işleme odasında küçük bir delik açar ve kendisiyle kaynaşmış durumdaki küreyi oradan geçirip içindekileri öğütücünün içine boşaltır. Pil ezici sonunda çalışmaya hazırdır.

Okuyucu kitabın bu noktasında bir taşıma sisteminin nasıl eksiltilemez karmaşık olduğunu kolayca anlamış olmalıdır. Çeşitli bileşenlerden birisi bile olmazsa ezici, atık işleme odasına ulaşmayacaktır. Daha da ötesi sistemin hassas dengesi muhafaza edilmelidir. Yani birbirine bağlanan her bir parça bunu titizlikle gerçekleştirip ayrılmalıdır. Ayrıca tam zamanında hareket edip yine tam zamanında durmalıdır. Tek bir hata bile sistemi başarısızlığa uğratacaktır.

GERÇEKLİK KONTROLÜ

Bu bilim kurgu değil mi? Doğada bu kadar karmaşık şeyler olmaz bulunabilir mi? Hücre homojen bir protoplazma küresi değil midir? Aslında hayır, evet ve hayır.

Bizim uzay aracımızdaki bütün fantastik makinelerin hücre içinde doğrudan bir karşılığı vardır. Uzay aracının kendisi hücredir, kütüphane çekirdektir, plan DNA'dır, planın kopyası RNA'dır, kütüphanedeki pencereler çekirdekteki gözeneklerdir, ana makineler ribozomdur, ana bölge sitoplâzmadır, aksesuar sinyal dizisidir, pil ezici lizozom hidrolazıdır, kılavuz işaret tanıma parçacığıdır (SRP), alıcı bölge SCP reseptörüdür, 1. işleme odası endoplazmik retikulumdur, 2, 3 ve 4. işleme odaları Golgi cisimciğidir, anten bir karbonhidrat kompleksidir, alt odalar Klatrin kaplı keseciklerdir ve pek çok protein kesici, çekici, dağıtım kodlayıcısı, liman işaretçisi ve geçit rolü oynamaktadır. Atık işleme odası da lizozomdur.

Şimdi bir proteinin sitoplazmada üretildikten sonra lizozoma gidinceye kadar geçirdiği aşamaları kısaca inceleyelim. Sadece bir paragraf sürecektir. Hücrenin içindeki taşıma sistemiyle ilgili isim ve işlemleri aklınızda tutamazsanız endişelenmeyin. Burada amaç hücrenin yapısının karmaşıklığı hakkında fikir edinmenizi sağlamaktır.

RNA ya da mRNA olarak adlandırılan bir RNA kopyası, hücrenin çöp öğütme merkezi olan lizozomda kullanılmak üzere DNA'dan üretilir. Bu proteini garbagease olarak adlandıracağız. mRNA çekirdekte üretilir ve çekirdeğin gözeneklerinden dışarıya salınır. Gözenekteki proteinler mRNA üzerindeki işareti tanır ve gözeneği açarlar. Böylece mRNA sitoplazmaya çıkmış olur. Sitoplazmada hücrenin ana makineleri olan ribozomlar, mRNA'daki bilgiyi kullanarak garbagease üretmeye başlarlar. Büyüyen protein zincirinin ilk bölümü amino asitlerden oluşmuş bir işaret dizisi içerir. İşaret dizisi oluşur oluşmaz bir işaret tanıma parçacığı (SRP) işarete tutunur ve ribozomu duraklatır. SRP ve eklenmiş moleküller endoplazmik retikulum (ER) zarındaki SRP alıcısına doğru salınarak hareket edip ona yapışırlar. Bu da eş zamanlı olarak ribozomun sentez işlemine kaldığı yerden devam etmesine ve zarın içinde bir protein kanalı açılmasına neden olur. Protein bu kanaldan geçip ER'un içine girerken, bir enzim de işaret dizisini

kırpar. O anda ER'un içinde bulunan garbageasein üzerinde büyük, kompleks bir karbonhidrat bulunmaktadır. Coatomer proteinleri garbagease ve başka bazı proteinler ihtiva eden küçük bir parçanın ER'dan koparılıp Golgi cisimciğinden geçerek onunla kaynaşmasına sebep olur. Uygun işaret taşıyan bazı proteinler ER'a geri döner. Protein, Golgi cisimciğinin çeşitli bölümlerinden geçerken bu olay iki kez daha tekrarlanır. Golgi'nin içindeki bir enzim garbageasein üzerindeki işaret beneğini tanır ve onun üzerine başka bir karbonhidrat grubu yerleştirir. İkinci bir enzim yeni eklenen karbonhidratı kırparak geride mannoz-6-fosfat (M6P) bırakır. Golgi'nin son bölümünde Klatrin proteinleri bir benekte biraraya gelir ve tomurcuklanmaya başlar. Klatrin keseciğinin içinde M6P ile birleşen bir reseptör protein vardır. M6P reseptörü garbageasein M6P'ına takılır ve kesecik tomurcuklanıncaya kadar onu çeker. Keseciğin dışında ise lizozomdaki bir t-SNARE'i tanıyan bir v-SNARE proteini vardır. Yanaştıktan sonra NSF ve SNAP proteinleri keseciği lizozoma kaynaştırırlar. Garbagease şu anda hedefe ulaşmıştır ve görevini yerine getirmeye başlayabilir.

Kurgusal uzay aracı genel hatlarıyla bile henüz icat edilmemiştir. Ancak hücre sistemi gerçek hayatta mevcuttur ve yukarıda anlattığımız proses yaşamın her saniyesinde milyarlarca kez tekrarlanmaktadır. Bilim, kurgudan daha ilginçtir.

GÖREVİN GEREKSİNİMLERİ

Garbageasein sitoplazmadan lizozoma yaptığı yolculuğun mesafesi yaklaşık 0.00025 santimdir. Yine de güvenli bir yolculuk için onlarca proteinin yardımı gerekmektedir. Kurgusal TV filminde aşıların CDC'den hastalığın görüldüğü şehre ulaşması için, belki de binlerce mil gitmesi gerekiyordu ki, bu da proteinin yaptığı yolculuğun neredeyse bir trilyon katıdır. Ancak aşının ulaştırılması için gereken şartlarla enzimin sitoplazmadan lizozoma ulaşması için gereken şartlar neredeyse aynıdır. Bu gereksinimleri belirleyen etkenler mesafe, kullanılan aracın tipi ya da işaretin üretildiği madde değil yapılması gereken işin türüdür.

Piyasadaki ders kitaplarından birisi hücrenin proteinleri alt bölümlerine ulaştırmak için kullandığı üç farklı yoldan bahseder.[56] Birincisi, proteinlerin zara girişini düzenlemek için açılıp kapanan büyük bir kapının kullanıldığı "kapılı taşıma"dır. Bu mekanizma yeni üretilmiş mRNA gibi maddelerin çekirdek ile sitoplazma (uzay gemisinde, planın kütüphane ile ana bölge) arasındaki akışını düzenler. İkinci metot ise zar üzerinden taşımadır. Bu metot tek bir protein, bir protein kanalı vasıtasıyla taşındığı zaman gerçekleşir. Garbageasein sitoplazmadan geçerek ER'a ulaşması buna örnek olarak verilebilir. Üçüncü yol da kesecikler ile taşımadır. Bu metotta protein, konteynırlar ile taşınır. Son işleme odası olan Golgi cisimciğinden atık işleme odası olan lizozoma taşıma da bu yönteme örnek olarak verilebilir.

Şu an ele aldığımız konular açısından ilk iki metot aynı kabul edilebilir, zira her ikisi de zardaki kapıları kullanarak belirli proteinleri bir yerden bir yere aktarmaktadır. Kapılı taşımada geçiş oldukça büyüktür ve proteinler katlı bir biçimde geçebilirler. Zar üzerinden taşımada ise kapı daha küçüktür ve proteinlerin geçebilmesi için küçük olmaları gerekir. Ancak ilkesel olarak kapının boyutunu büyütüp küçültecek bir engel bulunmadığı için her ikisi de eşittir ve bundan sonra kapılı taşıma olarak adlandırılacaktır.

Geçit naklinin temel gereksinimleri nelerdir? Sadece diplomatik plaka taşıyan araçlara ayrılmış bir park yeri düşünün. Park yerinin girişinde araçların plakalarını okuyacak nöbetçi yerine bir tarayıcı olsun. Bu tarayıcı plakalardaki barkotları okuyacak ve barkot geçerli ise kapıyı açacaktır. Arabanın on fit ya da binlerce mil uzaktan gelmiş olması sonucu değiştirmeyecektir. Diplomatik araç olduğunu gösteren barkot varsa kapı açılacak, yoksa açılmayacaktır. Aracın kamyon, cip ya da motosiklet olması da işlemi etkilemeyecektir. Buna göre garajdaki geçit naklinin üç temel gereksinimi vardır: Kimlik etiketi, tarayıcı ve tarayıcının hareket ettirdiği bir kapı. Bu üçünden bir tanesi bile olmazsa ya hiçbir araç içeri giremeyecek ya da garajın diplomatlara ayrılmış olmasının önemi kalmayacaktır.

---

[56] Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Watson, J. D. (1994) *Molecular Biology of the Cell*, 3rd. Ed., Garland Publishing, New York, s. 556-557.

Geçit nakli için en az üç ayrı bileşene ihtiyaç duyulduğundan oldukça karmaşık bir sistemdir. Bu sebepten sistemin Darwinci, aşamalı evrim teorisi ile ortaya çıktığını söylemek oldukça zordur. Eğer proteinlerin taşıma için gerekli işaretleri olmasaydı tanınmayacaklardı. İşareti tanıyacak bir reseptör olmasaydı ya da bir geçiş kapısı bulunmasaydı yine taşınma mümkün olmayacaktı. Son olarak kapı tüm proteinlere açık olsaydı kapalı odaların hücrenin diğer kısımlarından farkı kalmayacaktı.

Kesecik ile nakil geçit nakilden daha da karmaşıktır. Şimdi diplomat arabalarının garaja teker teker değil de büyük bir treylerin arkasında girdiğini düşünün. Treyler garaja girdikten sonra araçlar treylerden inip garaja park edeceklerdir. Bunun için treylerin uygun araçları tanımasını, garajın uygun treyleri anlamasını ve garajın içinde araçların treyleri terk etmesini sağlayacak metotlar gerekmektedir. Böyle bir senaryoda altı farklı bileşene ihtiyaç vardır: (1). Araçların üzerinde bir kimlik etiketi, (2) araçları taşıyacak bir treyler, (3) treyler üzerinde bir tarayıcı, (4) treylerin üzerinde bir kimlik etiketi, (5) Garajda bir tarayıcı ve (6). Bu tarayıcının harekete geçirdiği bir kapı. Hücrenin keseli nakil sisteminde bunların karşılığı mannoz-6-fosfat, Klatrin keseciği, bu kesecikteki M6P reseptörü, v-SNARE, t-SNARE ve SNAP/NSF proteinleridir. Bu fonksiyonların tekinin bile yokluğunda ya kesecik nakil sistemi çalışmayacak ya da en son hedefe ulaşılamayacaktır.

Keseli nakil sistemi geçit sisteminden daha fazla bileşene gerek duyduğu için aşamalı olarak gelişemez. Örneğin diplomat arabalarında barkot etiketleri olsaydı bu arabalar treylere (nakil keseciği) bindiği zaman bu etiketler gizlenmiş olacak ve garaja giremeyeceklerdi. Ya da treylere yapıştırılan etiketin araçlardakiyle aynı olması gerekirdi. Ancak bu sefer de araçları treylere yüklemenin bir yolu olması gerekir, aksi halde treylerin kullanışlığından söz edilemez. Eğer araçlar etiketlerine bakılmaksızın treylere yüklenseydi, diplomatik olmayan araçlar da içeriye girecekti. Hücre âlemine dönecek olursak keseciklerde proteinleri tanıyacak bir mekanizma olmasaydı, istikamet belirlemek mümkün olmayacaktı. Adres etiketleri bulunan proteinler etiketsiz bir keseciğe yüklenseydi, bu etiketlerin bir anlamı kalmayacaktı ve bu da kapılı

taşıma sisteminde hiçbir sorun yaşamayan organizma için zararlı olabilirdi. Geçit nakli ve keseli nakil sistemleri iki ayrı mekanizmadır ve ikisi de diğerinin anlaşılmasında yardımcı olmaz.

Bu bölümde çizdiğimiz geçit nakli ve keseli nakil sistemlerinin genel bir taslağı pek çok ayrıntıyı göz ardı etmiştir. Ancak bu ayrıntılar sistemi sadece daha da karmaşık bir hale getirdiği için, belirli bir hedefe taşıma olayının karmaşıklığını anlamayı kolaylaştırmamaktadır.

İKİNCİ EL PARÇALAR

Fare kapanı ya da Rube Goldberg makineleri eksiltilemez karmaşık sistemler. Darwinci bir tarzda aşamalı olarak evrimleşemez. Bir platformla birkaç yay ekleyip daha fazla fare yakalanıyor; bir çekiç ekleyip daha fazla fare yakalanıyor; vb. bir şey söz konusu değildir. Bütün sistem bir seferde biraraya getirilmelidir yoksa tek bir fare bile yakalanamayacaktır. Aynı şekilde bir protein ve işaret dizisi ile lizozoma doğru biraz, bir işaret algılayıcı protein ekleyip biraz daha fazla mesafe kat etmek söz konusu değildir. Sistemin çalışma mantığı "ya hep ya hiç"tir.

Yine de gözden kaçırdığımız bazı şeyler olabilir. Belki de fare kapanının bir ya da daha fazla parçası önceden başka amaçlarla kullanılmıştır. Daha önceden başka amaçlarla kullanılan parçalar, bir noktada aniden biraraya gelerek bir fare kapanı oluşturmuş olabilir. Belki hücre içi taşıma sisteminin bileşenleri de başlangıçta başka görevleri yerine getirirken şu anki rollerini üstlenmişlerdir. Böyle bir şey mümkün olabilir mi?

Özel bir bileşenin olası tüm kullanım alanların, ele almak mümkün değildir. Bununla birlikte taşıma sisteminin bazı bileşenlerinin farklı birkaç rolü üzerinde düşünebiliriz. Bu yolla başka amaçlar için kullanılan bileşenlerin karmaşık bir sistemdeki yeni rollerine, tesadüf eseri adapte olmalarının hiç de makul olmadığı görülecektir.

Hücre zarında bulunan ve yağlı bir bölgesi olan bir proteinle işe başladığımızı varsayalım. Zarı güçlendirdiği, delik ve yırtıklara karşı daha dayanıklı hale getirdiği için proteinin burada bulunmasının faydalı olduğunu da düşünelim. Böyle bir proteinin kapılı bir kanala dönüşmesi mümkün müdür? Bu, bir duvardaki ağaç kirişlerinin adım

adım mutasyonlarla, Darwinci tarzda evrimleşerek tarayıcılı bir kapıya dönüşüp dönüşmeyeceğini sormaya benzer. Kirişlerin biraraya gelerek aradaki alanın zayıfladığını ve nihayet sıvanın kırılarak duvarda bir delik açıldığını düşünün. Bu bir gelişme midir? Duvardaki delik, böceklerin, farelerin, yılan ve başka şeylerin içeri girmesine neden olacaktır. Isı kaybına neden olacaktır. Aynı şekilde hücredeki proteinleri geride küçük bir delik bırakacak şekilde biraraya getiren bir mutasyon da besin, tuz, ATP ve ihtiyaç duyulan diğer materyallerin dışarıya kaçmasına neden olacaktır. Bu bir gelişme değildir. Duvarında delik olan bir ev asla müşteri bulamayacaktır. Delikli bir hücre de diğer hücrelere göre büyük bir dezavantaj yaşayacaktır.

Bir proteinin normalden farklı olarak, yeni proteinleri ribozomda toplanmaya başladığı zaman birleştiğini varsayalım. Bunun da bir gelişme olduğunu zira yeni, katlanmamış proteinler tamamen meydana gelip katlanıncaya kadar dayanıksız olduğu için, üzerlerine katlanmış bir proteinin yerleştirilerek koruma sağlanacağını da düşünelim. Böyle bir protein işaret tanıma partikülü (SRP) geliştirebilir mi? Hayır. Böyle bir protein yeni bir proteinin hemen katlanmasına neden olacaktır. Oysa günümüzdeki SRP'ler proteinleri katsız tutar. Hâlbuki katlı proteinler SRP tarafından alınacakları kapılı kanaldan geçemezler. Daha da ötesi eğer bir başlangıç-SRP, günümüzdeki SRP'lerin yaptığı gibi, ribozomun sentez işlemini askıya almasına sebep olursa ve ribozomu tekrar çalıştıracak mekanizma henüz yerinde değilse, hücre ölebilir (bazı öldürücü zehirler hücrenin ribozomlarını "kapatarak" ölüme sebep olmaktadır). Yani bir ikilemle karşı karşıyayız. Başlangıçta devreye girecek kontrolsüz bir protein sentez inhibitörü* hücreyi öldürebilir. Fakat protein sentezinde geçici bir duraklama modern hücreler için hayati derecede önemlidir. Eğer Ribozom duraklamazsa yeni protein o kadar büyüyecektir ki kanalın kapısına sığamayacaktır. Buna göre günümüzde mevcut olan SRP'lerin, görevi yeni proteinlerle birleşip onları bozulmaktan koruyan proteinler tarafından geliştirilemeyeceği ortaya çıkmaktadır.

* Tepkime yavaşlatıcısı, katalizörün tersi işlev görür (Ç.N.).

Bir enzimin proteinler üretilirken üzerlerine büyük bir karbonhidrat grubu ("yığın") yerleştirdiğini düşünelim. Bunun da proteinleri bir şekilde stabilize ederek onların hücre içindeki ömrünü uzattığını kabul edelim. Bu adım en sonunda hücre için taşıma sisteminin bir parçası haline gelebilir mi? Hayır. Bu yığın proteini büyüteceği için gelecekte oluşması muhtemel (günümüzdeki ER'un kapısı gibi) bir kapıdan geçemeyecektir. Bu yığın aslında bir taşıma sistemine engel teşkil edecektir.

Aynı şekilde, sistemin diğer parçalarının izolasyonu da hücreye yardımcı olmaz, ancak zarar verir. Eğer işaret dizisinden ("süs") kapa bir enzim ilkel bir hücrede olumlu bir katkıda bulunuyorsa zararlı olacaktır. Eğer yığının yapması gereken bir iş varsa kırpılması ancak bir geri adım olur. Garbagease gibi proteinlerin açıkta çalışmaları gerekiyorsa bir keseye hapsedilmeleri zarar verici olacaktır.

2. bölümde başka kompleks sistemlere ait özelleşmiş parçaların (büyükbabanın saat yayı gibi) alınarak büyük oranda modifiye edilmeden ikinci bir eksiltilemez karmaşık sistemde (fare kapanı gibi) doğrudan kullanılamayacağını belirtmiştim. Başka sistemlerde başka görevlerde bulunan benzer parçalar yeni bir eksiltilemez karmaşık sistemde görev alamaz. Burada bakış açısı bileşen "üretmek"ten "değiştirme" ye kaymaktadır. Her iki durumda da akıllı bir kılavuz olmadan yeni bir işlev elde edilemeyecektir. Bu bölümde aynı problemle karşı karşıya kalan bir taşıma sistemini inceledik: Sistem, ister yeni ister ikinci el parçalardan olsun, kademeli olarak oluşturulamaz.

ERKEN YAŞTA ÖLÜM

TV filmimizin bir versiyonunda bir aşı kutusundaki yanlış etiket çocukların ölümüne sebep oluyordu. Neyse ki bu sadece bir kurgudur. Ancak gerçek hayatta karışmış ya da eksik etiketler gerçekten ölüme sebep olmaktadır.

İki yaşındaki ağlayan bir kız çocuğu, bir yetişkinin yardımıyla boy çizelgesinin yanında durmaktadır. Sadece iki fit boyundadır. Yüzü ve gözleri şişmiş ve bacakları eğridir. Güçlükle hareket edebilmektedir. Ciddi anlamda zekâ geriliği tespit edilmiştir. Yapılan muayenelerde kalp, karaciğer ve dalağının olması gerekenden büyük olduğu görül-

müştür. Öksürük ve burun akıntısı ise çocuk yaşta dayanmak zorunda olduğu üst solunum yolu enfeksiyonlarının göstergesidir. Doktor, çocuktan doku örneği alarak incelenmek üzere laboratuara gönderir. Laboratuar çalışanlarından birisi dokuyu alarak Petri kabına koyup hücrelerin genişlemesini sağladıktan sonra mikroskop altında incelemeye başlar. Hücrelerin her biri normal hücrelerde olmayan binlerce küçük, sık tanecikler içermektedir. Bu tanecikler "ilave yapılar" olarak adlandırılmaktadır ve küçük kız "i-cell hastalığı"na[57] yakalanmıştır. Hastalık sürekli ilerlediği için iskelet ve sinirlerle ilgili sorunlar giderek artacaktır. Çocuk, beş yaşına gelmeden ölecektir.

I-cell hastalığı protein taşıma sistemindeki bir eksiklikten kaynaklanır. Hastanın hücreleri proteinin sitoplâzmadan lizozoma yaptığı yolculuktaki makinelerden birinden yoksundur. Bu yüzden lizozomun kullanacağı enzimler asla lizozomda bulunmaz. Yanlış bir keseciğe toplanıp hücre dışına atılır.

Hücre dinamik bir sistemdir ve nasıl ki yeni yapılar üretmesi gerekiyorsa eskilerini de ortadan kaldırmalıdır. Eski materyaller çözülmek üzere lizozoma getirilir. I-cell hastalığı taşıyan çocuklarda atık olması gerektiği gibi öğütücüye gider, ancak öğütücü bozuktur. Yani ne "garbagease" ne de eski yapıları normal bir şekilde çözen öğütücü başka bir enzim mevcut değildir. Sonuç olarak atıklar birikir ve lizozom dolar. Artan miktarda atığa uyum sağlamak için hücre daha fazla lizozom üretir ancak bu yeni lizozomlar da çabucak hücresel atıklarla dolar. Zaman geçtikçe hücreler şişer, dokular büyür ve hasta ölür.

Proteinleri lizozoma götürecek çok sayıdaki makinenin bir tanesinin bile eksikliğinde bir çocuk ölebilir. Hücre içindeki labirenti andıran protein taşıma yolundaki bir noksanlık ölüme neden olur. Tüm sistem eksiksizce çalışmasıydı atalarımız da aynı kadere mahkûm olur-

---

[57] Kornfeld, S., and Sly, W. S. (1995) "I-Cell Disease and Pseude-Hurler Polydystrophy: Disorders of Lysosomal Enzyme Phosphorylation and Localization", *Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease*, 7th ed., ed. C. R. Scriver, A. L. Beaudet, W. S. Sly, and D. Vale, McGraw-Hill, New York, s. 2495-2508.

du. Protein taşıma sistemini aşamalı evrimle açıklamaya çalışmak ancak bir neslin nasıl tükendiğinin açıklaması olabilir.

Nakil sistemindeki hatalardan kaynaklanan problemler ve sistemin karmaşık ve heyecan verici olması sebebiyle, keseli protein nakil sisteminin evrimsel gelişimi konusunun, oldukça rağbet gören bir araştırma alanı olduğunu düşünebilirsiniz. Böyle bir sistem aşamalı olarak nasıl ortaya çıkmış olabilir? Hücrenin atıkları işlemeyle ilgili başka bir metottan, özel olarak lizozomu hedefleyen ve sonunda onunla birleşen kaplı keselerle nakil metoduna geçiş yaparken üstesinden gelmek zorunda olduğu engeller nelerdi? Bir kez daha söyleyelim, keseli nakil yönteminin evrimci bir açıklamasını arıyorsak, tam bir hayal kırıklığı yaşarız. Bulabileceğimiz hiçbir şey yoktur.

Annual Review of Biochemistry (ARB), biyokimyacılar arasında oldukça poüler bir kitap dizisidir ve seçilmiş araştırma alanlarında ulaşılan bilgi düzeyini ele alır. 1992 yılında ARB'de "Kese Aracılığıyla Protein Tasnifi" (Vesicle-Mediated Protein Sorting) konulu bir makale yayınlanır.[58] Yazarlar yorumlarına açık bir konuyla başlarlar: "Proteinlerin zarla çevrili organeller arasında taşınması, oldukça kompleks bir prosestir." Makale, sistemlerin tanımı ve konuyla ilgili mevcut araştırmalardan bahsederek devam eder. Ancak ilk sayfadan kırk altıncı sayfaya kadar, böyle bir sistemin nasıl aşamalı bir şekilde evrimleştiği hakkında tek bir kelimeye bile rastlayamıyoruz. Evrim konusu makalenin gündemine alınmamıştır.

Biyotıp bilimi hakkında bir bilgisayar veri tabanına bağlanarak çeşitli anahtar sözcükleri girerseniz binlerce makale bulabilirsiniz. Ancak "evrim" ve "kesecik" kelimelerinin aynı anda geçtiği tek bir yazı bile yoktur. Eski tarz "kâğıda yazılı" raporları karıştırırsanız ökaryot hücrelerde geçit naklinin nasıl gelişmiş olabileceği konusunu ele alan ve tahmine dayalı birkaç raporla karşılaşabilirsiniz.[59] Ancak tüm bu

---

[58] Pryer, N. K. Wuestehube, L. J., and Schekman, R. (1992) "Vesicle-Mediated Protein Sorting", *Annual Review of Biochemistry, 61*, 471-516.

[59] Roise, D., and Maduke, M. (1994) "Import of a Mitochondrial Presequence into P. Denitrificans", *FEBS Letters, 337*, 9-13; Cavalier-Smith, T. (1987) "The Simultaneous Symbiotic Origin of Mitochondria, Chloroplast and Microbodies", *Annals of the New York Academy of Science, 503*, 55-71; Cavalier-Smith, T. (1992) "The Number of Symbiotic

yazılar şu anda var olan nakil sistemlerinin, modern hücrelerdeki bütün bileşenlere sahip ilkel bakterilerin taşıma sistemlerinin, gelişmesiyle ortaya çıktığını kabul etmektedirler. Bu da bizim işimize yaramayacaktır. Spekülasyonlar, nakil sistemlerinin nasıl kopyalandığı hakkında fikir verebilir, ancak nasıl ortaya çıktığı konusunda bir şey öğrenemeyiz. Bu karmaşık makinenin aşamalı bir şekilde değil de birden ortaya çıktığı görüşü ağır basmaktadır.

National Academy of Science'ın başkanı Bruce Alberts, Nobel Ödüllü yazar James Watson ve başka yazarların da katkısıyla yazılan *Moleculer Biology of the Cell* adlı ders kitabı keseli nakil sistemi hakkında bilgi edinebileceğimiz belki de en iyi kaynaktır. Kitapta geçit ve keseli nakil sistemlerinin zarif detayları için 100 sayfalık bir bölüm ayrılmıştır.[60] Bu yüz sayfa içinde "Zarla Çevrili Organellerin Topolojik İlişkileri Onların Evrimsel Kökenleriyle Açıklanabilir" başlıklı bir buçuk sayfalık bir bölüm bulunmaktadır. Bu bölümde, yazarlar eğer bir kesecik hücre zarından küçük bir parça almışsa, içiyle dış kısmının aynı olacağına işaret etmektedirler. Bu doğru olsun ya da olmasın ne geçit naklinin ne de keseli naklin kökeni hakkında bir bilgi vermemektedir. Bu kısa bölümde Klatrinden bahsedilmemiştir. Doğru yükü doğru keseye yükleme ve doğru bölüme göndermede karşılaşılan sorunlara da değinilmemiştir. Kısaca bizim sorguladığımız konularla ilgisi olmayan bir bölümdür. Konuyla ilgili literatür üzerinde yaptığımız araştırmanın sonunda başladığımız yerdeyiz.

SONUÇ VE İLERİYE BAKIŞ

Keseli nakil, aşı paketlerinin depodan millerce uzaklıktaki bir şehre taşınması sisteminden daha az karmaşık olmayan, hayret verici bir prosestir. Keseli nakildeki eksiklikler, aşı taşıma sistemindeki hataların hastalıktan etkilenmiş şehir için, ölümcül sonuçlara yol açması gibi

Origins of Organelles", *Biosystems, 28*, 91-106; Hartl, F., Ostermann, J., Guiard, B., and Neupert, W. (1987) "Successive Translocation into and out of the Mitochondrial Matrix: Targeting of Proteins to the Inner Membrane Space by a Bitpartite Signal Reptide", *Cell*, 51, 1027-1037.

[60] Alberts et al. S. 551-651.

felaketle neticelenebilir. Yapılan incelemelerle keseli nakil sisteminin eksiltilemez karmaşıklık da olduğu görülmüştür ve Darwin'in evrim teorisine uygun olarak aşamalı bir şekilde oluştuğu iddiaları kesin bir şekilde reddedilmektedir. Profesyonel biyokimya literatürü ve ders kitaplarıyla yapılacak bir araştırmada, henüz hiç kimsenin böyle bir sistemin ortaya çıkışıyla ilgili bir yol haritası çıkarmadığı görülecektir. Keseli naklin muazzam karmaşıklığı karşısında Darwin'in evrim teorisi adeta dilsizdir.

Bundan sonraki bölümde moleküler düzeyde kendini savunma sanatını inceleyeceğim. Hücredeki minik savunma mekanizmasının, makineli silahlar, savaş kruvazörleri ve nükleer silahlar gibi dünyadaki sofistike silahlardan daha az karmaşık olmadığını göreceğiz. Darwin'in kara kutusunda basit olan çok az şey bulunmaktadır.

VI. BÖLÜM

TEHLİKELİ BİR DÜNYA

TÜM ŞEKİL VE BOYUTLAR

Düşmanlar çok fazla sayıdadır. Bu paranoya değil. Etrafımız içimize sızmak isteyen yaratıklarla çevrilidir. İnsanların çoğu ise, ölmek istemediği için kendilerini korumaya çalışıyorlar.

Saldırganlık tehlikesi her şekil ve boyutta olabilir. Bu yüzden savunma sistemi esnek olmalıdır. En geniş ölçekli tehdit devletlerarası savaştır. Yöneticiler hep komşu ülkelerin kaynaklarına göz dikmişlerdir. Bu sebepten tehdit altındaki ülkeler kendilerini savunmak ya da sonuçlara katlanmak durumundadırlar. Modern zamanlarda ülkelerin elinde kendilerini savunmak için son derece sofistike yollar bulunmaktadır. ABD'nin elinde çok sayıda atom bombası vardır. Eğer bir ülke bize yumruğunu gösterirse biz de düğmeye basarız. Eğer tehditler şiddetini artırırsa ve o ya da bu sebepten atom bombası kullanmak istemezsek diğer cihazlar devreye girer: Akıllı bombalar bırakan jetler, hava sahasını millerce öteden izleyen AWACS uçakları, gece muharebe tankları, güdümlü füzeler ve pek çok silah. "Teknolojik" savaşta, altın bir çağı yaşamaktayız.

Savaş gibi büyük tehditler önemlidir ancak saldırganlığın tek çeşidi savaş değildir. Ne yazık ki uçakların bombalanması ya da metroya, gaz saldırıları gibi huzurumuzu bozan terörist eylemler daha sık yaşanmaktadır. Daha da kötüsü yukarıda saydığımız silahların hiçbiri, metroya yapılan saldırıları önleyebilecek nitelikte değildir. Düşmanın tabiatı yabancı bir ülkeden, içteki tehdide kadar dramatik bir şekilde değiştikçe savunmanın da tabiatı değişmelidir. Devlet yetkilileri havaalanların güvenlik amacıyla bombalar yerine metal detektörleri ve stratejik bölgelerde silahlı güvenlik görevlileri yerleştirmektedir.

Terörizm ve savaş bizi tehdit etse de sık sık meydana gelen olaylar değildir. Gündelik hayatta insanlar, yabancı grup veya ülkelerden gelen değişik daha çok kendi mahallelerindeki suçlular tarafından gelen saldırılardan öldürülmektedir. Sokakların kurdu olmuş şehir sakinleri pencerelerine parmaklık koydurmakta ya da kapıda kimin olduğunu öğrenmek için diafon ya da kapı dürbünü kullanmaktadır. Sokakta gezintiye çıktıklarında ise kendilerini olası saldırılardan korumak için biber gazı taşımaktadırlar. Böyle modern yöntemlerin bilinmediği ülkelerde ise kulübenin etrafına iki ve dört ayaklı, saldırganları engellemek için taş ya da ağaçtan bir duvar örülmektedir. Bu duvarın aşılma ihtimaline karşı da yatağın altında mızrağı hazır tutmakta fayda vardır.

Saldırıları savuşturmak için sopa, taş, bariyer, silah, alarm, tank ve atom bombası kullanılabilir. Her bir silahın etkili olduğu şartlar değişiklik arz arz etse de kısmen aynıdırlar. Sopa ve silah bir sokak serserisini def edebilir. Silah ve tank teröristleri durdurabilir. Tank ve atom bombası ise bir dış ülkeye karşı kullanılabilir. Bu bakış açısıyla savunma sistemlerinde bir "evrim" den söz edebiliriz. Rekabet eden tarafların giderek daha gelişmiş donanıma sahip olduğu bir silahlanma yarışından söz edebiliriz. Yaşam hakkında en iyi savunma sistemine sahip insan ve ülkelerin hayatta kalabileceği bir mücadele yorumu yapabiliriz. Ancak bir kutuya atlayıp Calvin ve Hobbes ile uçmaya başlamadan önce olgusal habercilikle ile fiziksel haberciler ayrımı hatırlamamız gerekmektedir. Taş ve silah savunma amaçlı kullanılabilir. Ancak taş küçük adımlarla silaha dönüşmez. Biber gazı kutusu el bombasının fiziksel habercisi değildir. Jet uçağı her seferinde bir somun ve bir vida

değişerek atom bombası (her ikisi de somun ve vidalardan oluştuğu halde) haline gelemez. Darwin'in teorisine göre fiziksel haberciler dikkate alınmaktadır.

İnsanlar ve büyük hayvanlar bir kişiyi tehdit edecek unsurların tümü değildir. Bomba, silah ve taşlardan etkilenmeyen minik saldırganlar da vardır. Bakteri, virüs ve mantarlar da fırsat buldukça bizi yemeye çalışırlar. Bazen bu amaçlarına ulaşırlar ancak çoğu zaman vücutlarımızın savunma sistemleri sayesinde saldırıları geri püskürtülür. İlk savunma hattı deridir. Tıpkı kazıklı bir çit gibi deri de nispeten düşük teknolojili bir yöntem kullanır; yani aşılması zor olan bir bariyerdir. Yanık kurbanları çoğu zaman, çok etkili enfeksiyonlara yakalanır zira vücudu koruyan duvar hasar görmüştür ve içerideki savunma sistemi giderek artan saldırılar karşısında etkisiz kalmaktadır. Yine de deri vücut savunma sisteminin önemli bir parçası olmasına rağmen, bağışıklık sisteminin fiziksel öncülü değildir.

Duvara tırmanmayı başaran yabancıları yanlış bir hareket yapmamaları konusunda ikna etmek için bazı duvarların üstüne çiviler konulur. Bronx'ta yaşadığım bölgede neredeyse tüm siklon çitlerin üzerinde, yabancıları yaralama konusunda eski tip dikenli telden daha etkili görünen jiletli teller vardı. Çiviler ve jiletli tel normal bir çit duvarın parçası değillerdir; bunlar sadece engeli etkisini artıran eklentilerdir. Çitin kendisi gibi jiletli tel de bir silah ya da kara mayınının fiziksel öncülü değildir.

Derinin de engelleyici etkisini artıran eklentileri vardır. Biyokimya laboratuarında kendinizi yabancı maddelerden korumak için genellikle eldiven takarsınız. Ancak bazen de dokunduğunuz maddeyi kendinizden korumak için eldiven kullanırsınız. RNA üzerinde çalışan insanlar eldiven giyerler zira insan derisi RNA'yı parçalayan bir enzim salgılar. Neden? Çünkü virüslerin büyük bir bölümü RNA'dan yapılmıştır. Böyle bir virüs için derinin salgıladığı enzim jiletli tel işlevi görmektedir. Bariyeri aşmaya çalışan virüs yaralanacak ya da parçalanacaktır.

Deride başka türlü diken ya da çiviler de mevcuttur. İçlerinde en ilginç olanlardan bir grup da magainin sınıfındaki moleküllerdir. Bu sınıf, Mike Zasloff tarafından keşfedilmiştir. Zasloff, kesildikten sonra

steril olmayan bir ortamda tekrar dikilen laboratuar kurbağalarının beklendiğinin aksine, enfeksiyonlara neden nadiren yakalandığını araştırıyordu. Sonunda derilerinin bakterileri öldüren bir madde salgıladığını keşfetti. Bu madde sonraları başka pek çok çeşit hayvanda da görülmüştür. Yine RNA'yı parçalayan enzimler gibi magaininler de hayvan derisinin altındaki gelişmiş savunma sisteminin habercileri değildir.

Ağır silah donanmasını bulmak için derimizin altını karıştırmalıyız. Omurgalıların iç savunma sisteminin karmaşıklığı baş döndürücüdür. Tıpkı modern ABD ordusu gibi kulanım alanları örtüşen çeşitli silahlara sahiptir. Ancak yukarıda anılan silahlar gibi bağışıklık sisteminin farklı parçaları için de birbirlerinin habercileri olduğu yorumu her zaman yapılamaz. Vücudun savunma sistemi halen faal bir araştırma alanı olsa da ayrıntıların çoğu ortaya çıkarılmış durumdadır. Bu bölümde bağışıklık sisteminin bazı parçalarını ele alacağım ve aşamalı evrim konuşundaki sorunları dile getireceğim. Bu sistemlerin zekasından etkilenen kişiler için immünolojiyi* anlatan bir ders kitabı okumalarını öneriyorum.[61]

DOĞRU TAVIR

Mikroskobik bir işgalci, vücudun dış savunma hattını aştığı zaman bağışıklık sistemi otomatik olarak harekete geçer. Yıldız Savaşlarındaki** roket savar sistemi gibi vücudun moleküler sistemi de baştan planlanan şekilde hareket eden otokontrollü robotlardan oluşur. Savunma otomatikleştirildiği için her bir adım bir ya da daha fazla mekanizma ile açıklanmalıdır. Otomatik savunma sistemi için ilk sorun işgalcinin tanınmasıdır. Bakteriler ile kan hücreleri ayırt edilmelidir. Virüslerle bağlayıcı dokuların farkı anlaşılabilmelidir. Bağışıklık sisteminin bizim gibi gözleri yoktur. Bu yüzden başlangıçta dokunma hissine benzer bir şeye dayalı olarak çalışır.

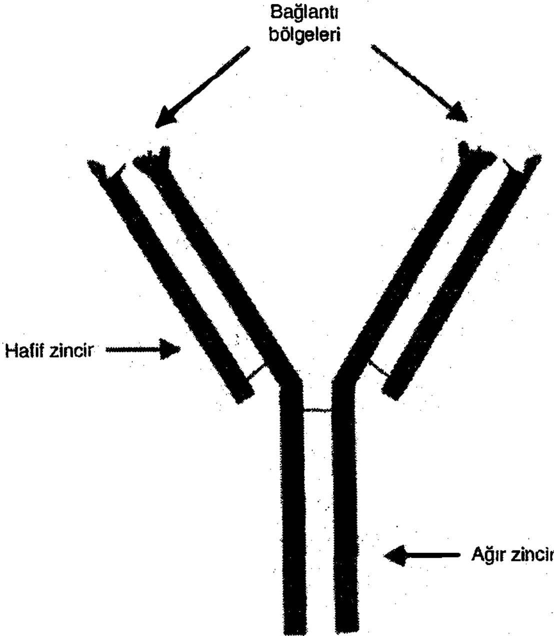
---

* Bağışıklık bilimi (Ç.N.)

[61] Bağışıklık sistemine giriş hakkında iyi bir bilgi için Voet, D., and Voet, J. G. (1995) *Biochemistry*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, s. 1207-1234 ve Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Watson, J. D. (1994) *Molecular Biology of the Cell*, 3rd. ed., Garland Publishing, New York, böl. 23.

** ABD'nin füzelere karşı geliştirdiği savunma projesi.

Antikorlar kör bağışıklık sisteminin parmaklarıdır ve yabancı bir maddenin vücutta ayrıştırılmasını sağlarlar. Antikorlar dört amino asit zincirinin biraraya gelmesi ile oluşur (Şekil 6-1): İki adet birbirinin eşi hafif zincir ve yine iki adet birbirinin ağır zincir. Ağır zincirler hafif zincirlerin yaklaşık iki katı büyüklüğündedir. Hücre içinde bu dört zincir "Y" harfine benzeyen bir kompleks oluştururlar. İki ağır zincir ve iki hafif zincir kendi aralarında eş olduğu için bu Y şekli simetriktir. Yani bir bıçak alınıp ortadan ikiye kesilirse her bir yarım Y'de bir hafif bir de ağır zincir bulunacaktır. Y'nin her iki ucunda da bağlanma bölgesi denilen bir çukurluk bulunmaktadır. Hem ağır hem de hafif zincirler bu bağlanma bölgesinde yan yana dizili durmaktadır. Bağlanma bölgeleri çeşitli şekillerde olabilir. Örneğin bir çeşit antikada ise, antikorda bağlanma bölgesi küçük bir çıkıntı, üzerinde bir delik ve kenarlarında yağ içeren bir yamadan oluşabilirken başka bir çeşit ise solda pozitif yük, ortada bir yarık ve sağda bir çıkıntıdan oluşabilir.



Şekil 6-1: Bir antikor molekülünün şematik gösterimi.

Eğer bağlanma bölgesinin şekli işgalci bir bakteri ya da virüsün yüzeyindeki bir molekülle birebir uyuşuyorsa antikor bu moleküle bağlanacaktır. Bunu anlayabilmek için üzerinde çukurluk ve bu çukurluktan dışarıya çıkan küçük topuzlar bulunan bir ev eşyası düşünün. En küçük kızımın üzerinde ön ve arka koltuklar, bulunan oyuncak bir vagonu var ki bu tasvire uygun olabilir. Şimdi nesneyi ya da oyuncak vagonu alın ve evde dolaşıp hem ön hem de arka koltuğu hiç boşluk bırakmadan dolduracak, çukurluğa tamamen uyan başka bir eşya arayın. Bulduysanız benden şanslısınız demektir. Ne evimde ne de ofisimde henüz öyle bir eşyaya rastlayamadım. Dünyanın herhangi bir yerinde vagona uyan bir eşya olduğunu düşünüyorum ancak ben henüz bulamadım.

Aynı sorun vücut için de geçerlidir: Herhangi bir antikorun herhangi bir işgalciyle eşleşme şansı son derece düşüktür. Her bir saldırgan için en az bir antikor olduğunu düşünürsek ihtimal milyar hatta trilyonlar seviyesine kadar düşer. Aslında belirli bir işgalci için uygun bir antikor bulma oranı yüz binde bir seviyesindedir.

Bakteri vücuda girdiği zaman çoğalmaya başlar. Bir antikor bir bakteriye bağlanıncaya kadar etrafta çok sayıda bakteri meydana gelmiş olur. Çoğalan bu Truva atlarıyla karşılaştırıldığında, vücudun sadece bir tanesi işlev gören yüz bin silahı bulunmaktadır. Tek bir tabanca kalabalığa karşı pek etkili değildir ve takviye kuvvet gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmenin elbette bir yolu vardır, ancak bunu daha sonraya bırakıp antikorların nasıl oluştuğuna değinmek istiyorum.

Milyarlarca farklı çeşit antikor vardır. Her bir antikor farklı bir hücrede üretilir. Bu hücreler kemik iliğinde oluştuğu için B hücresi olarak adlandırılır.[62] Bir B hücresi ilk olarak oluştuğunda DNA'larında kodlanmış çok sayıda antikor, genlerinden rastgele bir tanesini seçer. Böylece bu gen açılmış olur, diğer genler kapalı durumdadır. Yani hücre, farklı bir bağlantı yerine sahip sadece bir çeşit antikor üretir. Üretilen sonraki hücre ise başka bir gen seçecektir ve bu

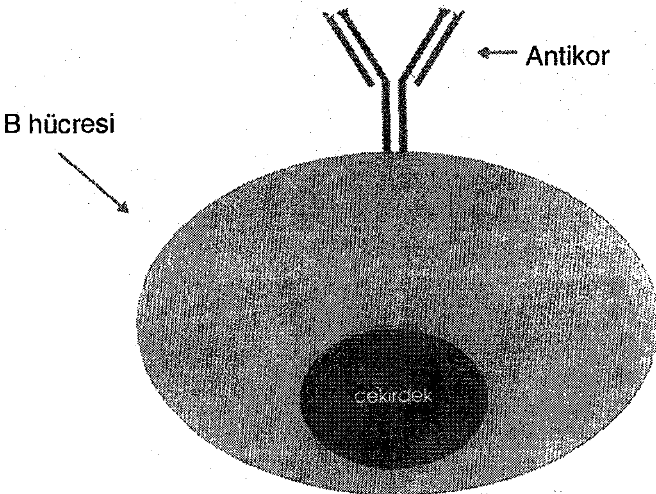
---

[62] İlk kez kuşların *bursa fabricius*'unda keşfedildiği için B- hücresi denilmektedir.

şekilde farklı bağlanma bölgelerine sahip farklı antikorlar üretilecektir. Sonuç olarak, "bir hücre bir çeşit antikor üretmektedir.

Bir hücrenin antikor üretmesinin ardından, bu antikorların hücreden ayrılarak vücutta gezmeye başlayacaklarını düşünebilirsiniz. Ancak B hücrelerinin içindeki her şey vücuda boşaltılırsa, hangi antikorun hangi hücreden geldiğini bulmak imkânsızlaşır. Hücre, bir çeşit antikor üreten bir fabrikadır. Bu yüzden, eğer bir antikor bir bakteri ile karşılaşırsa hücreden takviye kuvvet talep etmenin bir yolu olmalıdır. Ancak şu anki yöntemlere bu soruna çözüm bulmanın bir yolu yok gibi görünmektedir.

Neyse ki vücut bizden daha akıllıdır. Bir B hücresi ilk antikorunu ürettiği zaman bu antikor Y'nin çatalları dışarıda kalacak şekilde hücre zarına tutunur" (Şekil 6-2). Hücre bu küçük numarayı normal antikor gen ve proteine bir yağ kuyruğu ekleyen genleri kullanarak yapar. Hücre zarı da yağlı olduğu için küçük parça zara yapışır. Bu önemli bir adımdır, zira antikorun bağlanma bölgeleri şu anda fabrikaya eklenmiş durumdadır. B hücresi bütün olarak devriye gezer ve bir yabancı ile karşılaştığında antikor eklenmiş hücreye bağlanır.



Şekil 6-2: Bir B-hücresinin şematik gösterimi.

Şu anda elimizde işgalciye yapışık bir fabrika vardır. Eğer hücreye daha fazla antikor üretmesi için bir uyarı verilirse takviye kuvvet üretmeye başlayacaktır. Bunun da bir yolu vardır, ancak ne yazık ki ilgili sinyalin anlaşılıp çözülmesi biraz zordur. Antikorlu bir B hücresi bir yabancıyı yakalayınca onu yutmak için, mekanizmayı harekete geçirir. Aslında silah fabrikası bir rehin almıştır. Antikor hücre zarından bir parça alarak bir kese (kabin) oluşturur. Bu kabin ile rehine hücre içine çekilir. Hücrenin ve kabinin içinde bulunan yabancı proteinden bir parça alınarak MHC proteini adı verilen başka bir protein ile birleştirilir. Sonra kabin tekrar hücre zarına döner. Fabrikanın dışında ise yardımcı T hücresi vardır. Yardımcı T hücresi B hücresine yapışır ve B hücresi yabancı proteinden kopardığı parçayı (MHC'nin yabancı parçası) T hücresinin dikkatine sunar. Eğer sunulan parça uygun geldiyse T hücresi interleukin adında bir madde salgılar. Bu madde, Savunma Bakanlığı'nın silah fabrikasına yolladığı mesaj gibidir. Interleukinin, B hücresi yüzeyindeki başka bir proteine bağlanarak B hücresinin çekirdeğine "büyü" mesajını verecek bir mekanizmayı harekete geçirir.

B hücresi hızlı bir şekilde büyümeye başlar. Herhangi bir B hücresine bağlı olan T hücreleri interleukin salgılamaya devam eder. Sonuç olarak büyüyen B hücresi, "plazma hücreleri" adı verilen bir dizi "yan ürün" fabrikalar üretir. Bu plazma hücrelerinin ürettiği antikorlar hücreye yapışık değildir. Zira yağlı bir kuyrukları yoktur. Çok sayıda bağımsız antikor, hücre dışındaki vücut sıvısına salıverilir. Buradaki değişim çok önemlidir. Eğer plazma hücrelerinin ürettiği antikorlar da hücreye yapışık olsaydı, istilacılara karşı çok daha az etkili olurlardı.

ADIM ADIM

Bu sistem adım adım gelişerek ortaya çıkmış olabilir mi? Milyarlarca, trilyonlarca B hücresi fabrikalarından oluşan devasa bir havuz düşünün. Antikor üreten hücrelerin karışımından doğru hücrenin seçilmesi işlemine klon seçimi adı verilir. Klon seçimi, geniş bir değişim aralığına sahip muhtemel yabancılara karşı, yüksek sayılarda antikorla cevap verebilmenin çok güzel bir yoludur. Bu işlem bazılarından

henüz bahsetmediğim pek çok adımdan meydana gelir. Şimdi bunları bir yana bırakıp klon seçim sisteminin minimum gereksinimleri ile böyle bir sistemin adım adım oluşup oluşamayacağına bakalım.

Sistemin kilit noktası proteinin, kendi genetik bilgisi ile birlikte, bağ yapma yeteneğinin fiziksel bağlantısıdır. Teorik olarak bu, protein için gerekli kodları içeren DNA'ya kuyruktan bağlı, Y şeklinde antikor üreterek gerçekleştirilir. Gerçek hayatta ise bu sistem çalışmayabilir. Protein ile genetik bilgisinin bağlanması gereklidir, fakat hücre zar ile çevrili olduğu için antikor asla hücre dışında gezinen yabancı madde ile temas etmeyecektir. Hem antikor hem de eklenmiş genin hücre dışına salındığı bir sistem bu sorunun üstesinden gelebilir, ancak burada da başka bir sorun vardır: Hücrenin dışında DNA koduna göre yeni protein üretecek bir mekanizma yoktur.

Antikorun zara "demir atması" iyi bir çözümdür. Bu sayede DNA'sından ayrılmadan yabancı hücreyle temas edebilir. Ancak antikor kendisini oluşturan hücreden ayrılmadan yabancı maddelerle bağ yapsa da, DNA ile doğrudan bir fiziksel teması yoktur. Hem protein hem de DNA "kör" oldukları için ikisi arasında mesajları taşıyacak bir yöntem olmalıdır.

Şimdi meselenin anlaşılabilmesi için bağlanma mesajını gerçekten B hücresinin çekirdeğine ulaştıran zahmetli yolu (taşıma kabini, yutma işlemi, MHC, yardımcı T hücresi, interleukin vs.) kısa bir süre için unutalım. Bunun yerine sadece değişik bir proteinin yer aldığı daha basit bir sistem düşünelim. Antikorun yabancı bir moleküle bağlanması sırasında diğer proteini (rehin alınan parçadan fabrikanın çekirdeğine haber taşıyan protein) çeken bir şeylerin olduğunu tasavvur edelim. Belki de rehine ilk keşfedildiği zaman antikorun şekli değişmektedir. Muhtemelen kuyruğunun boyu uzamaktadır. Antikorun kuyruğunun hücre içinde kalan parçası mesajcı proteini harekete geçirmektedir. Kuyruktaki bu değişiklik mesajcı proteinin çekirdek içinde ilerleyerek DNA'nın belirli bir bölgesine bağlanmasına neden olabilir. DNA'nın doğru bölgesine bağlanması sonucu hücre büyümeye ve yağlı kuyruğu olmayan antikorlar üretmeye başlar. Böylece işgalcilerle savaşacak antikorlar ortaya çıkmış olur.

Böyle basitleştirilmiş bir planda bile üç tane önemli bileşen mevcuttur: (1) zara yapışık antikor, (2) mesajcı protein ve (3) kuyruksuz serbest antikor. Bunlardan herhangi birisinin olmaması durumunda sistem çalışmayacaktır. Zara yapışık antikor olmazsa yabancı maddeyi, gerekli genetik bilgiyi içeren hücreye bağlamak mümkün olmayacaktır. Kuyruksuz antikorlar olmazsa, hücre gerekli sinyali alsa bile işgalcilere karşı savaşacak güç oluşturmanın bir yolu olmayacaktır. Eğer mesajcı protein olmazsa, hücreye bağlı antikordan hücre çekirdeğine gerekli genin üretilmesini sağlayacak sinyal yollanamayacaktır ki, bu da telleri kesilmiş bir kapı ziline benzetilebilir.

Böyle bir sistemi Darwin'in evrim teorisine uygun olarak geliştirmeye çalışan bir hücre ne yapacağını bilemeyecektir. İlk olarak atılması gereken adım nedir? Az bir miktar antikoru devasa büyüklükteki dış ortama salmak, bunun bir faydası olmadığı hücreye bildirilmezse, kaynak israfıdır. Aynı şey zara yapışık antikor üretimi için de söylenebilir. Ayrıca eğer mesaj gönderen ya da alan birileri yoksa, mesajcı protein üretmenin de bir anlamı kalmayacaktır. Bu derece basitleştirilmiş bir klon seçim sisteminin bile adım adım gelişerek ortaya çıkamayacağı sonucuyla, kaçınılmaz olarak, karşı karşıyayız.

Bu kadar basit bir seviyede bile üç bileşenin de aynı anda evrimleşmiş olması gerekmektedir. Bu üç parçanın her biri (tam antikor, mesajcı ve eksik antikor) ayrı bir tarihsel olayla ortaya çıkmış olmalıdır. Ancak her biri antikor sisteminin bileşenlerinde farklı işlevler yerine getiren mevcut proteinlerin, bir dizi koordineli mutasyona uğrayarak mucizeyle ortaya çıkmış olabileceği söylenebilir. Darwin'in küçük adımları yerini uçurumlara bırakmıştır. Ancak bu sistem pek çok karmaşıklığı göz ardı etmiştir: Hücre, kendisine yağlı bileşenler eklemekten nasıl vazgeçmiştir? Buna göre mesaj sistemi bizim basitleştirilmiş sistemimizden daha karmaşıktır. Proteinin yutulması, ondan bir parçanın koparılması, MHC proteinine sunulması, bu MHC + parçanın yardımcı T hücresi ile özel bir şekilde tanınması, interleukin salgılanması, interleukinin B hücresine bağlanması, interleukinin çekirdeğe bağlanmasını sağlayan mesajın yollanması vs. adımlarından oluşan sistemin kökeni için aşamalı bir yol önermek, dayanıklı bir insanı bile çaresiz bırakabilir.

KARIŞTIR VE KARŞILAŞTIR

Fabrikalar, vücudumuza girecek her şekildeki saldırgana karşı antikor üretmek için ortamda çok yüksek miktarlarda bulunurlar. Ancak milyarlarca farklı şekildeki antikor nasıl üretilir? Proteinleri kodlamak için büyük miktarda genetik materyale gerek duymadan çok farklı antikor üretmenin çok ince bir iş olduğu ortaya çıkmıştır. İlerleyen birkaç sayfa boyunca bu sistemin bazı ayrıntılarını ele alacağım. Ayrıntılar kafanızı karıştırsa bile fazla takılmayın. Amacım bağışıklık sisteminin karmaşıklığını anlamanıza yardım etmektir.

Bilim adamlarının bağışıklık sistemini bütün karmaşıklığıyla çözmeye çalışmasına yol açan olay hayret verici bir keşifti. Bu keşif acımasız görünen ancak gerekli bir deneyle başlamıştı. Kimyacılar, doğada mevcut olmayan küçük moleküller üretip proteinlere eklediler ve gelişmeleri takip etmeye başladılar. Yapay molekülleri içeren protein bir tavşana enjekte edildiği zaman, tavşan bu sentetik moleküllere sıkıca yapışan antikorlar üretti. Bu nasıl olabilirdi? Ne tavşan ne de ataları bu molekülle daha önceden karşılaşmamıştı. Öyleyse uygun antikoru üretmeyi nasıl başarmıştı? Daha önce görmediği bir molekülü nasıl tanımıştı?

"Antikorların farklılığı" bulmacası bilim adamlarını bağışıklık sistemi üzerinde çalışmaya sevk etti. Olası açıklama olarak pek çok fikir ortaya atıldı. Proteinler esnek moleküller olarak bilinir ve antikorlar da proteindir. Buna göre canlı vücuduna yeni bir molekül enjekte edildiği zaman, bir antikor onun etrafını çevirerek kendini onun şekline uydurup, bu şekilde kendini muhafaza ediyor olabilirdi. Ya da savunmanın öneminden dolayı organizmaların DNA'larında farklı şekillerdeki yabancı maddeler için antikor üretecek çok sayıda gen bulunabilirdi. Böylece daha önce hiç karşılaşmadığı şeyleri bile tanıyabilecekti. Ancak bu kadar çok sayıda antikor DNA'daki mevcut kodlamadan çok daha fazlasını gerektirmekteydi. Belki de çok az sayıda antikor vardı ve hücre bölünmesi sırasında antikorların bağlanma bölgesinde çok sayıda mutasyon gerçekleştirmek mümkündü. Bu yolla her bir yeni B hücresi, farklı mutasyonlar içerecek ve bir antikor için gerekli kod diğer B hücrelerindekinden farklı olacaktır. Belki de yabancı maddeye

organizmanın verdiği yanıt tüm bunların bir kombinasyonuydu, belki hepsinden tamamen farklı bir şeydi.

Antikorların nasıl bu kadar çeşitli olabildiği sorusunun cevabının bulunması için, heyecan verici bir keşfin gerçekleşmesi beklenmeliydi: Bir proteinin gen kodlaması her zaman kesintisiz bir DNA segmenti olmak zorunda değildi, kesintili de olabilirdi.[63] Geni bir cümle ile karşılaştırırsak şuna benzeyecektir: "The quick brown fox jumps over the lazy dog" cümlesi protein bozulmadan şu şekilde değiştirilebilir: "*The quick br*dkdjf bufjwkw nhru*own fox jumps over the la*pfeqmzda lfybnek sybagjufu *zy dog*." Anlamlı DNA mesajı proteinde olmayan anlamsız harfler ile parçalanmış durumdadır. Daha sonraki çalışmalar, bir DNA geninden RNA kopyalandıktan sonra, anlamsız kısımların atılıp diğer kısımların eklenmesiyle düzeltmelerin yapılabildiğini göstermiştir. "Kesintili" DNA bile olsa RNA'daki düzenlenmiş ve düzeltilmiş mesaj, hücre mekanizmasının doğru proteini yapması için kullanılabilmektedir. Daha da şaşırtıcı olan antikor için gerekli DNA'ların da parçaları birleştirilebilmektedir. Diğer bir ifadeyle atalardan alınmış DNA değiştirilebilmektedir. Heyecan verici bir durum!

DNA'nın yapıştırılıp tekrar düzenlenmesi organizmanın üretebileceği antikor sayısını açıklamada oldukça önemlidir. Aşağıda uzun yıllar süren çok sayıda araştırma sonucunda elde edilmiş bilgilerin kısa bir özetini bulacaksınız. Bu çabalar antikor çeşitliliğinin sebebinin anlaşılmasına çok büyük katkıda bulunmuştur.

Antikor üretimine katkıda bulunan döllenmiş hücrede başlangıç itibariyle bir dizi gen parçası bulunmaktadır. Bu genler benim kısaca 1. küme, 2. küme şeklinde adlandıracağım kümeler şeklinde organize edilmişlerdir. İnsanda 1. kümede yaklaşık 250 gen segmenti vardır. Bir alt seviyede yani 2. kümede 10 gen segmenti, 3. kümede 6 ve 4. kümede de 8 gen segmenti bulunmaktadır. Oyuncular bunlardır.

Bebek birazcık büyüyüp doğum zamanı yaklaşınca kendi B hücrelerini üretmek isteyecektir. B hücrelerinin üretimi sırasında ilginç bir

---

[63] Hücre gen parçalarını birbirine yapıştırırken – çok kompleks makineyi uçlara uygun bir şekilde yanaştırırken ve parçaları yapıştırırken – büyük problemlerle karşılaşır. Bununla birlikte antikor genleri bunun dışındadır. Zira kesik genler bir sır olmayı sürdürmektedir.

olay gerçekleşir: Genomdaki DNA yeniden düzenlenir ve bir kısmı atılır. 1. kümeden görünüşe göre rastgele bir segment alınır ve 2. kümeden alınan başka bir segmente eklenir. Arada kalan DNA kesilip atılır. Sonra 3. kümeden yine rastgele bir segment alınıp 1 ve 2. kümelerden gelen birleşik segmentlere eklenir.

Segmentlerin yeniden birleştirilmesi hücreden beklenmeyecek şekilde birazcık baştan savmadır. Bu işlemin dikkatsizliği sebebiyle az bir miktar amino asit (proteinlerin yapı taşları) kodu eklenip çıkarılabilir. 1, 2, ve 3. kümelerden gelen segmentler bir kere biraraya geldiği zaman DNA'nın yeniden düzenlenme işlemi bitmiş olur.[64] Bir antikor üretmek gerektiği zaman hücre 1, 2 ve .3. kümelerden gelen segmentlerin bileşiminin bir RNA kopyasını oluşturur ve 4. kümeden gelen bir segmentin RNA kopyasına ekler. Sonuç olarak ardışık protein segmentlerini kodlayan bölgelerin kendisi de RNA üzerinde kesintisiz bir şekilde düzenlenmiş durumdadır.

Bu süreç antikor çeşitliliğinin açıklanmasına nasıl yardımcı olur? 1, 2 ve 3. kümelerden gelen segment parçalarının bağlama bölgesini (Y'nin uçları) oluşturduğu ortaya çıkmıştır. Üç farklı kümeden gelen farklı segmentlerin karıştırılıp karşılaştırılması bir nevi çarpma işlemidir ve elde edilen sonuç farklı şekillerdeki farklı bağlanma bölgelerinin sayısını verecektir. Örneğin 1. kümeden gelen bir segmentin bağlanma bölgesindeki bir çıkıntıyı ve diğer bir segmentin de pozitif yüklü bir alanı oluşturduğunu düşünelim. 2. kümeden gelen farklı segmentler de yağlı bir yama, negatif yük ve bir çukur oluştursun. 1 ve 2. kümelerden rastgele birer segment alınırsa altı ihtimal olacaktır: Yağlı bir parça, bir çıkıntı, negatif yük ya da bir girinti; veya yamalı bir parça, pozitif yük, negatif yük veya girinti. (Bu durum bir şapkadan üç sayı çekme sonucunda ortaya çıkan ihtimallerin piyango olayını açıklamasıyla benzer düşünülebilir. Sayılar 0 ile 9 arasında değişiyorsa toplam bin kombinasyon olacaktır). Hücre antikor oluştururken 1. kümedeki 250, 2. kümedeki 10, 3. kümedeki 6 segmentten birer tane alır. Daha da ötesi yeniden birleşme esnasındaki "dağınıklık" başka bir amino asit ekleyerek ya da mevcut olanlardan bir tane çıkartarak segmentleri daha

[64] Özel antikor gruplarını üreten hücreler hariç. Bu konuyu ele almayacağım.

da karıştırır. Bu da farklılığa yaklaşık 100 kat etki eder. DNA segmentlerini karıştırıp karşılaştırmak suretiyle 250 x 10 x 6 x 100, yani yaklaşık olarak 1.000.000 farklı ağır zincir kombinasyonu elde edersiniz. Benzer işlemler sonucunda hafif zincir için 10.000 sayısı elde edilir. Bir hafif ve bir de ağır zincir genlerinin biraraya gelmesiyle on bin tane bir milyon ya da on milyar kombinasyon elde edilir. Bu kadar farklı sayıda antikor çok farklı bağlanma bölgesi oluşturacaktır ve bu da yapay olanlar dahil neredeyse tüm molekülleri bağlamaya yetecektir. Üstelik tüm bu farklılık yaklaşık dört yüz farklı gen segmenti sayesinde olmaktadır.

Hücrenin muhtemel antikor sayısını artırmak için başka numaraları da vardır. Bunlardan birisi bir yabancı işgali sırasında uygulanır. Bir hücre yabancı bir maddeye bağlanınca bir kopyalanma sinyali alır. Pek çok kopyalanma esnasında hücre ağır ve hafif zincir genlerinin muhtelif bölgelerinde, çok yüksek seviyede mutasyonlara "bilerek" izin verir. Bu da oyundaki kazanma ihtimalini artıran bir olaydır. Ana hücre zaten iyi bağlandığı bilinen bir antikor için kodlanmış olduğundan, sırayı değiştirmek daha güçlü bağlayıcılar üretebilir. Aslında yapılan araştırmalarda, bir enfeksiyon durumunda daha sonra üretilen antikorların ilk üretilenlerden çok daha sıkı bağlar yaptığı ortaya çıkmıştır. Bu somatik hipermutasyon, muhtemel antikor çeşitliliğine katkıda bulunan diğer bir faktördür.

B hücreyi şeklindeki fabrikalar ile plazma fabrikalar arasındaki farkı hatırlayın. Y'nin yağ içeren kısmı, antikoru B hücresinin zarına bağlamaktaydı. Plazma hücresi için gen RNA'sı kopyalanırken, zardaki segment kopyalanmamaktaydı. Bu segment genden kopmaktadır. DNA "*The quick b*rdkdjf bufjwkw nhru*own fox jumps over the l*apfeqmzda lfybnek sybagjufu *zy dog* kdjyf jdjkekiwif vmnd *and eats the* mnaiuw *rabbit*" mesajına benzetilebilir. Son kelimeler eklenip çıkartılsa da mesajın anlamı değişmez.

SANTİM SANTİM

Farklı antikorlar üretebilen bir sistemin çalışması için pek çok bileşene ihtiyaç vardır. Gerek duyulan ilk bileşen doğal olarak genin kendisidir. İkinci bileşen gen segmentlerinin başlangıç ve bitiş noktala-

rını belirten bir işarettir. Günümüz canlılarında her bir segment bir enzimin yaklaşıp, parçaları biraraya getirmesini söyleyen özel işaretlerle çevrili durumdadır. Bu durum şu cümle ile açıklanabilir: "The quick br*burada kes* [fjwkw] *burada kes*own fox jumps over the la*burada kes* [lfybnek sy] *burada kes*zy dog." Başlangıç ve bitiş kısımları mevcut olduğu sürece hücre onları bir arada tutmayı başaracaktır. Üçüncü bileşen de kesme işaretlerini tanıyan ve parçaları doğru sırada birleştiren moleküler makinedir. Bu makine olmadan parçalar asla kesilip birleştirilemeyecektir. İşaretlerin olmadığı durum ise kâğıtları rastgele kesen bir makinenin kâğıt bebek üretmesini beklemeye benzemektedir. Son olarak antikorun kendisi için gerekli mesaj olmazsa diğer bütün bileşenler anlamsız olacaktır.

Asgari işlev gereksinimi sistemin eksiltilemez karmaşıklığını güçlendirmektedir. Fırtınalı bir denizde bir sal üzerinde sürüklendiğinizi ve bir motor taşıyan bir kutunun şans eseri yanınıza geldiğini düşünün. Motoru sala taktıktan sonra pervanesinin günde bir kez döndüğünü fark ettiğinizde kurtuluş ümidiniz de sona ermiş olacaktır. Sistemin karmaşıklığı bir yana performans da istenilen düzeyde değilse sistem başarısız kabul edilir.

Antikor farklılığının kökeni problemi, büyük oranda asgari işlevin ihtiyacı ile ilintilidir. Bir ya da birkaç antikora sahip ilkel bir sistem günde bir kez dönen motor pervanesi gibidir. Yani yokluğu ile varlığı arasında fazla bir fark yoktur. Ya da FBI'ın elinde sadece iki parmak izi kümesi bulunduğunu düşünün. FBI binlerce suçlu içinden sadece bu ikisini yakalayabilecektir. Tehditkâr bir bakteri karşısında uygun (tamamlayıcı) şekilde bir antikora sahip olma olasılığı yüz binde bir, hatta daha da düşük olduğundan beş ya da en fazla on tane gen üreten bir hayvan, aslında enerjiyi israf etme olurdu. Bu enerjiyi daha çok yumurta bırakarak, daha sağlam bir deri üreterek ya da RNA'yı parçalayan bir enzim üreterek harcaması daha uygun olacaktı. Bir antikor üretim sisteminin işlevsel olabilmesi için daha başından itibaren çok sayıda antikor üretmesi gerekmektedir.

KİRALIK KATİL

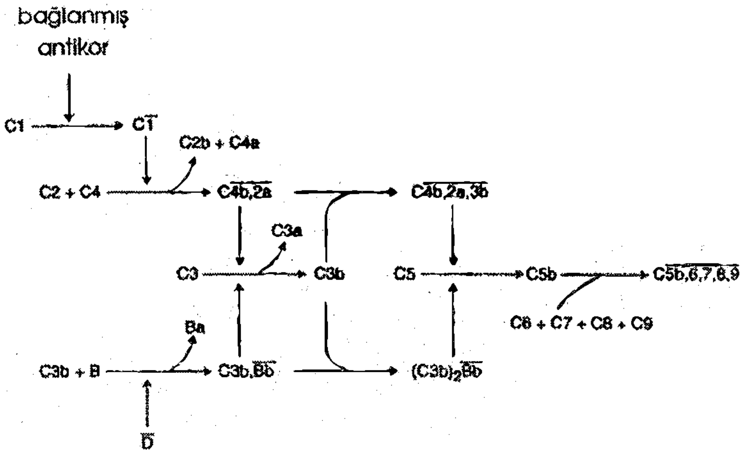
Bundan bin yıl önce bir grup insanla birlikte geniş bir arazide yaşadığınızı düşünün. Denize yakın olduğunuz için Vikingli yağmacıların tehdidi altındasınız. Üzerinde yaşadığınız arazi sağlam ve yüksek bir ağaç duvar ile çevrili olup, dayadıkları merdivenlerle duvara tırmanmaya çalışan baskıncıların üzerine kızgın yağ dökülmektedir. Bir gün seyahat eden bir büyücünün yolu sizin yaşadığınız topraklara düşer ve kapınız çalınır. Yanında getirdiği kutuyu açıp size, adına "tabanca" denilen ve gelecekten gelen bir silah satmak ister. Dediğine göre tetik çekildiği zaman, silah hedeflediğiniz yöne bir mermi fırlatmaktadır. Silah hafiftir ve düşmanın sinsilikleri karşısında arazinin bir yanından diğer yanına kolayca taşınabilir. Siz ve grubun diğer üyeleri tabancanın karşılığı olarak sihirbaza iki inek verip silahı satın alırsınız.

Yine bir baskın tehdidi ile karşı karşıyasınız. Kızgın yağ bedavadır ancak baskıncıların koçbaşı vardır. Kapıya vurulan darbelerin sesini duyunca elinize tabancayı alıp emin adımlarla oraya yönelirsiniz. Nihayet kapı kırılır ve baskıncılar ellerindeki baltaları sallayıp çığlıklar atarak içeriye hücum ederler. Silahı liderlerine doğrultup ateş edersiniz. Mermi havada uçar ve Viking reisinin burnuna yapışır. Tabancanın namlusunda ise sizin okuyamayacağınız harflerle "Acme Oyuncak Ok Tabancası" yazmaktadır. Reis duraklar ve sizin yüzünüze bakar. Sizin gülümsemeniz kaybolurken o sırıtmaya başlar. Arkadaşlarıyla birlikte size hücum eder. Neyse ki yirminci yüzyılda bir biyokimyacı olarak yeniden dünyaya gelirsiniz.

Antikorlar oyuncak oklar gibi olup hiçbir şeye zarar vermezler. Eski bir evin üzerindeki "İstimlâk edilmiştir" işareti ya da kesilecek bir ağacın üzerindeki portakal rengi X gibi, antikorlar da diğer sistemlere işaretli nesneyi yok etmelerini söyler. Antikor çeşitliliği yaratmak için karmaşık bir sistem geliştirdikten ve dolambaçlı klon seçimi işlemi için binbir zahmetle birkaç hücre yakaladıktan sonra bile vücudun baskıncıların amansız saldırılarına karşı hâlâ savunmasız olduğunu düşünmek şaşırtıcıdır.

Antikorlar tarafından işaretlenen yabancı hücrelerin gerçek anlamda yok edilmesi işlemi "tamamlayıcı" sistem tarafından gerçekleştirilir. Bu sistem yabancı maddelerden kurtulma sürecinde antikorların

başlattığı görevi tamamlar. İzlenen yol oldukça karmaşıktır (Şekil 6-3) ve 4. bölümde anlatılan kan pıhtılaşma sistemine pek çok yönden benzemektedir. Birbiriyle ilişkili iki, klasik ve alternatif yolda kullanılan yaklaşık 20 çeşit protein vardır. C1 adı verilen proteinlerden oluşan büyük bir yığın, yabancı bir hücrenin yüzeyine yapışık duran antikora bağlandığı zaman klasik yol başlamış olur. C1'in sadece yabancı hücreye bağlı antikora yapışması önemlidir. Eğer C1 kanda serbestçe dolaşan bir antikora bağlanırsa (C1'in) tamamı düşmana karşı etkisiz hale gelecektir. Ya da zara bağlı bir antikorla birleşmeye kalkarsa, meydana gelen reaksiyonlar faydalı hücrelerin ölümüyle sonuçlanacaktır.



Şekil 6-3: Tamamlayıcı yol.

C1, 22 protein zincirinden oluşmaktadır ve bu zincirler üç gruba ayrılabilir. İlk grup C1q'dur ve üç farklı tipte proteinin altışar kopyasından oluşur. Diğer gruplar da C1r ve C1s olarak adlandırılır. İkisi de her bir farklı proteinin ikişer kopyasından oluşmaktadır. C1q'daki üç farklı proteinin hepsi, derideki protein kolajen sırasını andıran özel bir amino asit sırasıyla başlar. Bu sıra C1q'daki üç çeşit proteinin saç örgüsü gibi birbirlerine sarılmalarına imkân tanır. Bu düzenleme her protein türünden bir tanesini bir mini-kompleksin içinde tutar. Protein

zincirlerinin geri kalan kısmı da örgünün üst kısmında karmaşık, küresel bir şekil oluşturacak şekilde üst üste katlanır. Daha sonra mini komplekslerin altı tanesi biraraya gelir. Altı örgü uzunlamasına birbirine yapışır ve merkezde bir sap oluşur, dışarıda da yuvarlak başlar kalır. C1q'nun elektron mikroskobu ile alınmış resimleri yılan başına benzeyen bir yaratığı andırmaktadır. (Bazıları lale buketine benzetse de ben daha dramatik görüntüleri severim.) C1q başları antikor-yabancı hücre kompleksine eklenir. Yabancı hücreyi yok etme işleminin tamamlanması için en az iki başın eklenmesi gerekmektedir. Bir kere yapıştıktan sonra C1q'nun içinde bir şeyler değişir ve bu da C1r ve C1s'nin C1q'ya daha sıkı yapışmalarını sağlar. O anda C1r kendini ayırarak (Manşet: Köpek köpeği ısırdı) C1r oluşturur. ("Aktifleşmiş" proteinler sayı ve küçük harfin üzerindeki çizgi ile ifade edilecektir.) C1r böylece C1s'i keserek C1s'yioluşturacaktır.

C1s kesildikten sonra işgalci hücrenin yok edilmesi için hâlâ yapılması gereken işler vardır. C1'in proteinleri topluca "tanıma birimi" olarak adlandırılır. C2, C3, C4 proteinlerine ise "aktivasyon birimi" denilmektedir. Tanıma biriminden farklı olarak aktivasyon birimi henüz tek parça halinde değildir ve biraraya getirilmesi gerekmektedir. Aktivasyon birimini oluşturmada ilk adım C4'ün C1s tarafından kesilmesidir. Bu işlem gerçekleşince C4b parçasındaki oldukça reaktif bir grup, etraftakilerin etkisine açık hale gelir. Eğer bu grup bir zara yakın ise onunla kimyasal tepkime verir. C4b'nin eklenmesi gereklidir, zira böylelikle aktivasyon birimindeki proteinle geri kalsa, kendilerini işgalciye yakın tutacak bir kancaya sahip olurlar. Aksi durumda, yani C4b yanlış bir yöne giderse reaktif grup doğru zara eklenmeden çabucak bozulur.

C4b kendisini hedef zara ekledikten sonra C1s'nin de yardımıyla C2'yi iki parçaya ayırır. C2a adındaki büyük parça, C4b'yi oluşturmak için C4b'ye (C3 konvertazı) yapışık kalır. C3 konvertazı çabuk hareket etmelidir aksi halde bölünür ve C2a uzaklaşır. Eğer etrafta bir C3 molekülü varsa konvertaz onu iki parçaya ayırır. C3b, C3 konvertazına yapışarak C5 konvertazı da denilen C4'ü oluşturur. Aktivasyon biriminin son tepkimesi C5'in iki parçaya ayrılmasıdır.

Sistem nihayet bu noktada işgalcinin kalbine bıçağı saplamaya hazırdır. C5'in parçalarından bir tanesi C6 ve C7'ye yapışır. Bu yapının kendisini hücre zarına saplamak gibi önemli bir özelliği vardır. C5 daha sonra kendisini bir C8 molekülüne bağlar ve birden on sekize kadar değişik sayılarda C9 molekülü de bu yapıya eklenir. Ancak, proteinler düzensiz bir grup meydana getirmezler. Bunun yerine kendilerini, yabancı bakteri hücresinin zarında delik açacak bir çubuk şeklinde düzenlerler. Hücrelerin içi oldukça yoğun çözeltiler içerdiğinden, ozmotik basınç, suyun hızla akmasına neden olur. İçeriye akan su, bakteri hücresini patlayıncaya kadar şişirir.

Enfeksiyondan sonra hemen hareket edebilecek zar-saldırı kompleksinin aktivasyonu için alternatif bir yol vardır ve bu yol belirli antikorların üretimini beklemeyi gerektirmez. Alternatif yolda, sürekli düşük miktarlarda üretilen C3b'nin küçük bir miktarı, B faktörü denilen bir protein ile bağlanır. Bu defa bunlar C3b, B kompleksinde hareket eder. Bu kompleks, faktör D denilen bir proteinle kesilerek C3'ü oluşturur. Bu molekül, C3 konvertaz olarak hareket edebilir. Konvertaz ile C3b üretildiğinde, C3b'nin ikinci molekülü bağlanarak $(C3b)_2$'yi oluşturur. Bu artık, C5 konvertazı olarak adlandırılabilir ve C5b'yi üretmek suretiyle zar-saldırı kompleksini oluşturmaya başlayarak harekete geçer.

C3b tamamlayıcı yolun yıkımını başlatabileceği için, etrafta dolaşması tehlikeli olan bir proteindir. Rastgele meydana gelebilecek bir hasarı en aza indirmek için, iki protein (faktör 1 ve faktör H) bunu arar, bağlanır ve solüsyon içinde C3b'yi yok ederler. Ancak eğer C3b hücrenin yüzeyinde ise, o zaman başka bir proteine (properdin) bağlanır ve bu protein de görevini yapabilmesi için C3b'yi korur. Antikorların yokluğunda C3b yabancı hücreleri nasıl tanır? C3b ancak bir hücrenin yüzeyine bağlanabildiği zaman etkin olabilir. Gerçekleştirdiği kimyasal reaksiyonlar ise birçok bakteri ve virüsün yüzeyinde daha hızlı oluşur.

SORUNLAR, SORUNLAR

Kanın pıhtılaşmasında takip edilen yol gibi tamamlayıcı yol da bir kaskattır. Buna göre her iki sistemde aşamalı gelişim şeklinde düşünü-

lürken aynı sorunla karşılaşılır. Sorun bu kaskadın son adımı değildir. Zarda bir delik açmak için çok sayıda farklı moleküle gerek yoktur. Bir tek öldürücü protein de bu görevi yerine getirebilir. Kan pıhtılaşmasında olduğu gibi bir protein kümesinin oluşturulmasında da çok sayıda bileşene ihtiyaç yoktur. Uygun şartlar sağlandığında bütün proteinler kümelenebilir. (Ancak tamamlayıcı delik kompleksi ve fibrin kümesinin özel şekilleri yaptıkları işe uygun olmalıdır ve açıklanması gereklidir.) Son olarak 4. bölümde gördüğümüz gibi bir telefon direği tek başına da olsa horozun üstüne düşebilir.

Sorun kontrol sistemlerindedir. Her kontrol noktasında hem düzenleyici protein hem de onun aktifleştirdiği maskeli protein başlangıçtan itibaren mevcut olmalıdır. Eğer C5b varsa kaskatın geri kalanı hemen başlatılabilir, ancak C5b'yi aktifleştirecek bileşen yoksa hiçbir şey olmayacaktır. C3b varsa kaskatın geri kalan kısmı devam edebilir ancak bu durumda da yine bir aktifleştirici gerekmektedir. Çok daha kısa bir yol tasavvur edilebilir. Yani C1s'nin C5'i doğrudan parçaladığı bir yol hayal edilebilir. Kaskatın ortasına eklenecek yeni kontrol noktaları da beraberlerinde aynı sorunu getirecektir: Devre anahtarlarının eksiltilemez karmaşıklığı.

Tamamlayıcı yol, bir kaskat oluşturmanın genel sorunlarına ek olarak kan pıhtılaşmasıyla da ortak bir sorun içermektedir: Proteinlerin zara eklenmesi oldukça önemlidir. Gla artıklarını sentezlemek için ilk olarak çok sayıda pıhtılaştırıcı faktör modifiye edilmelidir. Ancak bu sayede Gla artıkları zara yapışabilir. Tamamlayıcı yolda hem C3 hem de C4'ün içinde, proteinler başka faktörler tarafından kesildikten sonra zara kimyasal tepkime ile bağlanan, az bulunan, oldukça reaktif kümeler vardır. Bu özel faktörler yolun işlevsel olması için mevcut olmalıdır. Başka zorlukların da eklenmesiyle tedrici gelişim iddiasının önüne yeni engeller konulmuş olur.

Tamamlayıcı sistemdeki çok sayıda küçük faktör aşamalı gelişim için engel teşkil etmektedir. Şimdi sadece C1 sisteminin ufak ayrıntılarını ele alalım. C1q'deki üç tip protein birbirine sarılır, ancak kendilerine sarılmaz. Eğer kendilerine sarılsalardı kompleksteki farklı zincir tiplerinin oranı değişecekti ve üç farklı zincirin altı kopyasından gerçek C1q kompleksi oluşturma şansı çok daha az olacaktı. C1q'nun antikor-yabancı hücre yapısına bağlanması ile C1r'nin kendi kendini par-

çalaması tetiklenmeseydi kaskat bu noktada duracaktı. Bunun yanında C1q kendisini antikor kompleksine bağlamadan C1r kendi kendisini parçalasaydı, kaskat erken tetiklenmiş olacaktı vs.

SISYPHUS'UN ANLAMASI GEREKEN

Bağışıklık sisteminin düzgün işlemesi sağlık için bir ön koşuldur. Kanser ya da AIDS gibi önemli hastalıkların gerek sebep gerekse tedavileri veya her ikisi de, bağışıklık sistemlerinin incelenmesiyle ortaya çıkabilir. Kamu sağlığı üzerindeki etkisinden dolayı bağışıklık sistemi yoğun ilgi görmektedir. Dünyadaki binlerce araştırma laboratuarında bağışıklık sisteminin çeşitli özellikleri incelenmektedir. Bu çabalar sonucu pek çok kişinin hayatı kurtarılmıştır ve bundan sonra da pek çok kişi sağlığına kavuşacak gibi görünmektedir.

Bağışıklık sisteminin nasıl çalıştığı konusunda önemli aşamalar kaydedilmiş olsa da onun nasıl meydana geldiği konusu hala bilgimiz dışındadır. Bu bölümde gündeme getirilen sorulardan hiçbirisi bu alanda çalışmalar yapan binlerce bilim adamının birisi tarafından bile cevaplanmamıştır. Aksine bazıları başka sorular daha sormuştur. Bağışıklık sistemi literatüründe yapılacak bir araştırma ile karşılaştırmalı immünoloji (bağışıklık sisteminin çeşitli yönlerden incelenmesi) konusunda devam eden çalışmalar görülebilir. Bu çalışmalar çok değerli olsa da, bağışıklık sisteminin nasıl ortaya çıktığı konusunda bilhassa moleküler düzeyde herhangi bir şey söylemez. Bununla ilgili belki de en güzel çalışmalar iki kısa raporda mevcuttur. İlk rapor Nobel Ödüllü David Balitmore ile iki önemli bilim adamı tarafından hazırlanmıştır. Raporun başlığı "Omurgalılardaki Bağışıklık Sisteminin Moleküler Evrimi" adını taşısa da altını doldurmakta pek de başarılı olduğu söylenemez. Yazarların dikkat ettikleri konu şudur:

Memelilerdekine benzer bir bağışıklık sistemine sahip herhangi bir organizmada asgari ihtiyaçlar antijen reseptörleri (immünoglobin ve TCR), antijenleri kullanıma hazırlayan moleküller (MHC) ve gen düzenleme proteinleridir.[65]

[65] Bard, S., Baltimore, D., and Weissman, I. L. (1994) "Molecular Evolution of the Vertebrate Immune System" *Proceedings of the National Academy of Sciences, 91*, 10769-10770.

(Immünoglobinler antikorlardır. TCR molekülleri antikorlara benzemektedir.) Raporu hazırlayan yazarlar daha sonra memelilerin bir öyesi olan köpek balıklarında bu üç bileşenin de olduğunu tartışmaya açmaktadırlar. Ancak bir organizmanın tamamlanmış, işlevsel bir sisteme sahip olması ile bu sistemin nasıl ortaya çıktığı konuları birbirinden farklıdır. Yazarlar kesinlikle bunun farkındadırlar. Onlara göre:

İmmünoglobin ve TCR genlerinin her ikisi de yeniden düzenleme için RAG proteinlerine ihtiyaç duyarlar. Diğer yandan RAG proteinleri de immünoglobin ve TCR'ı yeniden düzenlemek için özel sinyallere ihtiyaç duyar.

(RAG, genleri yeniden düzenleyen bir bileşendir.) Raporu hazırlayan bilim adamları bu bileşenleri açıklamaya çalışırken oldukça cesur adımlar atmaktadırlar, ancak sonunda olay Calvin ve Hobbes'un kutusu ile uçmaya çalışmaya benzemektedir. Yazarlar bir bakterideki genin tesadüf eseri bir hayvana aktarıldığını iddia etmektedirler. Bu genin kodladığı proteinin bizzat kendisi şans eseri olarak genleri yeniden düzenlemektedir. Yine tesadüf eseri olarak hayvanların DNA'sında antikor genlerine yakın işaretler vardır vs. Yazarlar en son tahlilde bağışıklık sisteminin aşamalı evrimi ile ilgili kilit çıkmazları tespit etmiş olmalarına rağmen önerdikleri çözümler geçerli değildir.

Bağışıklık sisteminin bir kısmını cesur bir şekilde açıklamaya çalışan başka bir rapor ise "Tamamlayıcı Sistemin Evrimi" başlığını taşımaktadır.[66] Bu da yukarıda tartışılan rapor gibi oldukça kısa ve yoruma dayalıdır; bir araştırma yazısı değildir. Yazarlar ilk başta neyin oluştuğu ve daha sonra neyin meydana geldiği konusunda hayal gücüne dayalı tahminlerde bulunmuştur. Ancak sonunda kaçınılmaz olarak Russel Doolittle'ın kökeni açıklanamayan proteinler için kullandığı "serbest kaldı", "ortaya çıktı" gibi ifadelere başvurmuşlardır ("Mekanizmanın bir yerinde önemli bir gen kaynaşması sonucu ilkel C3b için bir bağlanma bölgesi içeren bir proteaz oluştu"; "Diğer alternatif yoldaki bileşenlerin evrimi gelişmişlik ve özelleşmişliği daha da ileriye

---

[66] Farries, T. C., and Atkinso, J. P. (1991) "Evolution of the Complement System" *Immunology Today, 12*, 295-300.

götürdü" ve "B faktörü geninin kopyalanması sonucu oluşan C2, iki yolun birbirinden daha da ayrılarak özelleşmelerini sağladı."). Raporda hiçbir sayısal değer yoktur. Gen kopyalanmasının doğrudan protein oluşmayacağı hakkında da bir bilgi verilmemiştir. Yolu düzenleyen kontrol sistemlerinin yokluğu durumunda ne olacağı açıklanamamıştır. Zaten bu konuların hepsinin dört paragrafta ele alınması mümkün değildir.

Bağışıklık sisteminin gözde evrimini tartışan başka rapor ve kitaplar da mevcuttur.[67] Ancak büyük bölümü hücre biyolojisi seviyesinde olup moleküler mekanizmalarla ilgilenmemektedir. Ya da sadece DNA veya protein dizilerinden bahsetmektedir. Sıraların karşılaştırılması, ilişkilerin anlaşılması açısından faydalı olabilir ancak elde edilen sonuçlar sistemleri ortaya çıkaran mekanizmalar hakkında bilgi vermez.

Kitaplara ya da diğer yazılara yukarıdan, ya da aşağıdan bakabiliriz. Fakat sonuçlar aynıdır. Bilim literatüründe bağışıklık sisteminin kökeni ile ilgili sorulara cevap verilmemiştir.

Bu bölümde bağışıklık sisteminin üç özelliğini ele aldım. Bunlar klon seçimi, antikor farklılığı ve tamamlayıcı sistemdir. Ayrıca aşamalı evrim konusunda üçünün ayrı ayrı ortaya koyduğu zorlukları gösterdim. Ancak parçaların aşamalı bir şekilde oluşamayacağı konusu hikâyenin sadece bir kısmıdır. Zira bu parçaların birbirleriyle de etkileşimleri vardır. Nasıl ki direksiyonu, aküsü ya da karbüratörü olmayan bir araba işinizi görmeyecekse, farklı antikorlar üreten bir sistemi olmayan bir hayvanda bulunan klon seçim sistemi de pek bir işe yaramayacaktır. Antikor çeşitliliği ne kadar fazla olursa olsun eğer yabancı maddeleri yok edecek bir sistem yoksa bu da sonuç vermeyecektir. Yabancı maddeleri tanıyacak bir mekanizma olmadan yok edici sistem işlevsizdir. Her bir adımda sadece lokal sistemi değil tümleşik sistemi de düşünmemiz gerekmektedir.

---

[67] Örnekler: DuPasquier, L. (1992) "Origin and Evolution of the Vertebrate Immune System" *APMIS, 100*, 382-392; Stewart, J. (1994) *The Primordial VRM System and the Evolution of the Vertebrate Immunity*, R. G. Landes Co., Austin; Sima, P., and Vetvicka, V. (1993) "Evolution of Immune Reactions", *Critical Reviews in Immunology*, 13, 83-114.

Şu ana kadar bağışıklık sisteminin sadece olumlu yönlerini ele aldık. Ancak dolu bir silahla etrafta dolaşmanın tehlikeleri de vardır. Kendi ayağınızı vurmayacağınızdan emin olmalısınız. Bağışıklık sistemi kendisi ile dünyanın geri kalanını ayırt edebilmelidir. Örneğin vücut, bakteriler tarafından işgal edilince ona karşı antikorlar üretilirken neden kanda sürekli dolaşan kırmızı hücrelere karşı üretilmemektedir? Ya da dokulardaki diğer hücreler karşı antikor hücreleri neden harekete geçmemektedir? Vücut kendi hücrelerine karşı antikor üretirse sonuç felaket olacaktır. Örneğin doku sertliğinden muzdarip olan hastaların vücudu, sinirleri sarıp izole eden antikorlar üretmektedir. Bu da bağışıklık sisteminin yalıtımı yok edip, sinirleri açığa çıkartarak kısa devreler oluşturmasına neden olur. Sonuç felce kadar gider. Juvenil (genç yaşlarda görülen) diyabet hastalığında pankreasın hücrelerine karşı antikor üretilmektedir ve böylece hücreleri yok edilir. Talihsiz hasta bundan böyle insülin üretemez ve yapay olarak dışarıdan insülin verilmezse ölür. Vücudun kendi dokularına karşı hoşgörülü olması hala anlaşılmaktan uzaktır. Ancak mekanizma ne olursa olsun bildiğimiz bir şey var: Kendi dokularına zarar vermeyen bir sistem başlangıçtan itibaren bağışıklık sistemi ile birlikte mevcut olmalıdır.

Farklılık, tanımlama, yok etme, tolerans... Bunların hepsi ve daha fazlası, birbirleriyle etkileşim halindedir. Hangi yola saparsak sapalım bağışıklık sisteminin aşama aşama oluştuğu iddiası, birbiriyle ilişkili çok sayıda gereksinim nedeniyle havada kalmaktadır. Bilim adamı olarak bizler bu muhteşem mekanizmanın nasıl ortaya çıktığını anlamayı çok istemekteyiz, ancak sistemin karmaşıklığı Darwin'in açıklamalarını hüsrana mahkûm etmiştir. Şimdi bizzat Sisyphus bizleri suçlayacaktır.

Bağışıklık sistemini oluşturan Star Wars benzeri makinelerin kesintisiz karmaşıklığı o kadar da şaşırtıcı olmayabilir. Ya daha basit sistemler? Moleküler makineleri oluşturan somun ve cıvataları üreten mekanizmalar? Sonraki bölümde sistemlerin yapı taşlarını üreten mekanizmaları ele alacağım. Hücrede en alt seviyelerde bile bir komplekslik olduğunu göreceksiniz.

VII. BÖLÜM
ÖLÜM YOLU

İKİ TARAFA DA BAKMAK

Ben ve ailem Pensilvanya'yı süsleyen çok sayıda güzel dağların arasında yerleşim merkezinden beş mil kadar uzakta yaşıyoruz. Bu bölge şehre yakın olmasına rağmen kırsaldır ve büyük bölümü ormanlık olup henüz bina yapımı için temizlenmiş bir yer bulunmaz. Evime giden yol dardır ve dağa yaklaştıkça eğimi artar. Sabahları işe geceleri de eve giderken yol kenarında kaçmaya hazır şekilde çömelmiş çok sayıda hayvan görürüm. Yapmaya cesaret ettikleri şeyler olabilir, karşı cinsi etkilemeye çalışıyor olabilirler, belki de sadece evlerine gitmek istiyorlardır; tam olarak bilmiyorum. Ancak oynadıkları oyun çok tehlikelidir ve içlerinden bazıları bunun bedelini ödemek durumunda kalır.

En kötüsü sincaplardır. Daha duyarlı hayvanların aksine sadece yoldan karşıya geçmekle kalmazlar. Uzaktayken bir taraftan diğer tarafa geçtiklerini görürsünüz. Yaklaşınca tekrar karşıya geçer, durup geriye döner. Yaklaşırsınız ve o hâlâ yoldadır. En sonunda gerçekten bulunmak istedikleri yerin sizin olduğunuz taraf olduğuna karar verirler. Boyları arabanın altına sığmalarına uygundur ve böylece ön tarafta

kaybolduklarl zaman dikiz aynasında tekrar belirme ihtimalleri yüksektir. Ancak her zaman değil.

Dağ sıçanları genellikle yola paralel koşarlar ve bu da onların fark edilmesini kolaylaştırır. Ancak bazen fark edemeyebilirsiniz. Akşam yemeğini düşünerek eve doğru yol alırken karanlığın içinden aniden, yuvarlak bir şekil paytak paytak yürüyerek önünüze çıkar. Bu yaratıklar aracın altına sığmaz. Karşınıza çıktığında yapabileceğiniz tek şey dişinizi sıkıp çarpışmayı beklemek olacaktır. Ertesi gün aracınızda küçük bir leke görürsünüz. Diğer taraftan cesedin üzerinden başka arabalar geçmektedir. Diş ve pençeler ile asfalt doğal bir kırmızıya boyanmıştır.

Yolda çok yoğun bir trafik yoktur. Gündüz birkaç dakikada, gece ise yarım saatte bir araba geçmektedir. Bundan yararlanan çoğu hayvan kolaylıkla yolun öbür tarafına geçebilir. Ancak bu durum her yerde geçerli değildir. Kuzeybatıdan Pensilvanya'ya giden Schuylkill Expressway, bazı yerlerde sekiz ya da on şeritlidir. Trafik yoğunluğu benim evime giden yola göre binlerce kat olabilmektedir. İş dönüşü saatlerinde bir dağ sıçanının karşıdan karşıya geçebileceğine bahse girmek pek de akıllıca olmayacaktır.

Schuylkill Expressway'den yüz kat geniş bir yolun bir tarafında oturan bir dağ sıçanı olduğunuzu farz edin. Her biri hız limitini zorlayan kamyon, spor araba ve minivanla dolu doğuya ve batıya uzanan binlerce şerit düşünün. Sevgiliniz olan dağ sıçanı ise karşıda olup sizi çağırıyor olsun. Aşkınızın hasımları en çok birinci şerittedir. Bir kısmı da ikinci şeritte olup üç ve dördüncü şeritlerde çok az araç vardır. Yolun geri kalanı ise boştur. Ayrıca romantik kanunlara göre gözlerinizi kapatıp karşı tarafa güvenle geçebilmek için kaderinize güvenmelisiniz. Aşkınız gülümseyen tombul kahverengi yüzüyle karşı taraftadır. Bıyıklarını kıpırdatıp yumuşak gözlerle sizi davet etmektedir. On sekiz tekerlekli bir aracın çığlığını duyunca yapabileceğiniz tek şey gözlerinizi kapayıp dua etmek olacaktır.

Karşıdan karşıya geçmeye çalışan dağ sıçanı örneği, aşamalı evrimin karşılaştığı sorunlardan birisini temsil etmektedir. Kitapta şu ana kadar hep eksiltilemez karmaşıklıktan bahsettim. Bu sistemler çok sayıda bileşenlerden oluşuyordu ve bu da aşamalı evrim teorisi için

devasa bir engel teşkil etmekteydi. Çeşitli örnekler verdim. Bir biyokimya ders kitabında daha fazlasını bulabilirsiniz. Ancak bazı biyokimyasal sistemler eksiltilemez karmaşıklıkta değildir. Çalışmak için mutlaka çok sayıda parçaya ihtiyaç duymazlar ve en azından ilk bakışta aşama aşama biraraya gelmiş gibi görünürler. Yine de yakından incelenirse karışık problemler ortaya çıkacaktır. İyi bir araştırma sonucu yumuşak geçiş iddiaları kısa ömürlü olacaktır. Yani bazı sistemler karmaşıklıkta olmasa dahi onların Darwin'in evrim teorisine göre oluştuğu anlamını çıkartamayız. Bin şeritli otobandan karşıya geçmeye çalışan bir dağ sıçanı gibi, bazı biyokimyasal sistemlerin tedricen ortaya çıkışı konusunda mutlak bir engel yoktur. Yine de yanlış değerlendirilen fırsatlar çok fazla olacaktır.

YAPI TAŞLARI

Hücre içinde iş yapan büyük moleküller protein ve nükleik asitler olup genelde polimer olarak bilinirler. Polimer, ayrı birimlerin biraraya gelip dizilmesiyle oluşur. Proteinlerin yapı taşları amino asitlerdir. Nükleik asitlerin yapı taşları ise nükleotidlerdir. Amino asit ya da nükleotidler, çocukların geçirmeli oyuncaklarına çok benzerler. Yani farklı moleküllerden neredeyse sonsuz çeşitte dizi elde edilebilir. Geçirmeli oyuncak parçaları ormandan toplanmaz; bir fabrikada imal edilir. Fabrikada üretilen parçaların bir tarafında delik ve diğer tarafında da çıkıntı vardır ve her ikisi birbirine uygundur. Böylece birbirine tutturulabilirler. Çıkıntı çok büyük olsaydı deliğe takılamazdı. Öte yandan delik çok büyük olsaydı parçalar bir arada duramazdı. Geçirmeli parçaların üreticisi, doğru şekil ve uygun plastik çeşidi için çok dikkatli davranmak zorundadır. Hücre de yapı taşlarını üretirken oldukça dikkatlidir.

En ünlü nükleik asit olan DNA dört çeşit nükleotidden oluşur: A, C, G ve T[68]. Bu bölümde daha çok A'dan bahsedeceğim. Bu yapı taşı bir polimerde kullanılmadıysa ortamda çeşitli şekillerde bulunabilir. Yani AMP, ADP ve ATP şeklinde olabilir. Hücrede ilk sentezle-

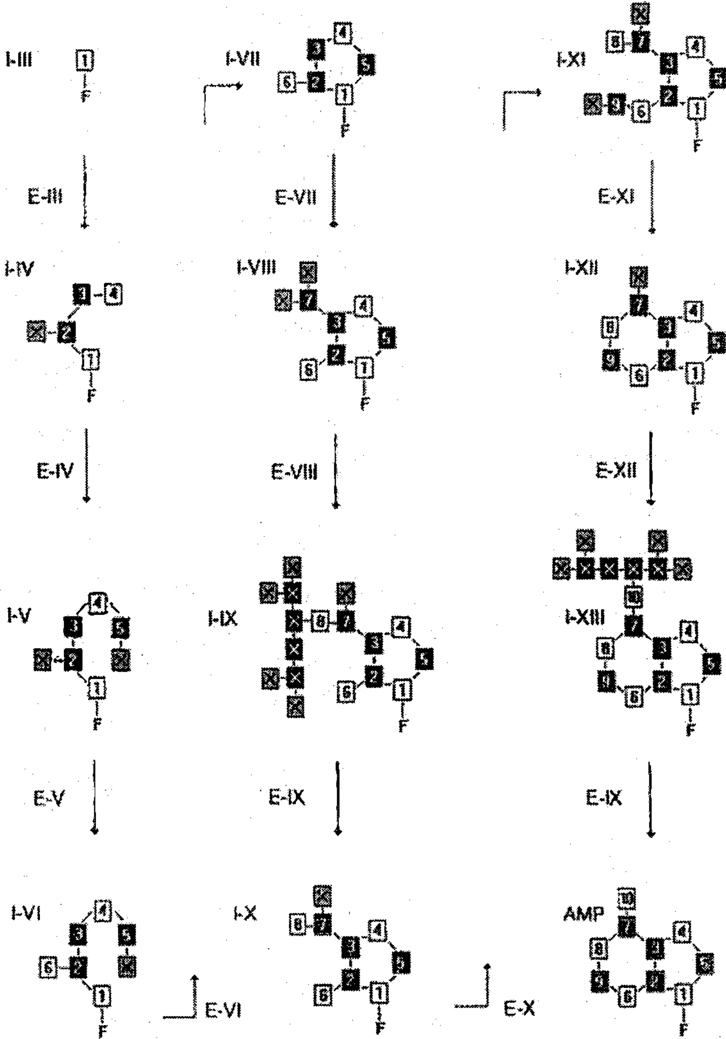
---

[68] RNA dört nükleotidden yapılmıştır: A, C, G ve U.

nen şekil AMP'dir. Geçirmeli oyuncak parçaları gibi AMP de özenle üretilmelidir. Biyolojik organizmalardaki moleküllerin büyük bölümü sadece birkaç çeşit atomdan oluşmaktadır ve AMP de bunlardan farklı değildir. Beş çeşit atomdan oluşur: On karbon, on bir hidrojen, yedi oksijen, dört azot ve bir fosfor.

Amino asitlerin ve nükleotidlerin uzun zincirler oluşturacak şekilde nasıl biraraya geldiğini açıklamak için geçmeli oyuncak benzetmesini kullandım. AMP'nin nasıl sentezlendiğini anlamak için Tinkertoys gibi bir şey düşünelim. Tinkertoys'un ne olduğunu bilmeyenler için bu oyuncağın iki çeşit parçadan oluştuğunu söyleyebilirim. Birinci çeşit tahtadan bir tekerlektir ve hem kenarlarında hem de ortasında delikler vardır. Diğer çeşit de yine tahtadan ve çapı tekerleklerdeki deliklerin çapına eşit çubuklardır. Çubukları deliklere takarak çok sayıda tekerleği birbirine ekleyebilirsiniz. Daha fazla tekerlek ve çubuk ile bütün bir şebekeyi oluşturabilirsiniz. Şato ve arabadan oyuncak ev ve köprülere kadar her şey, sadece iki çeşit parça ile yapılabilir. Sizi sınırlayan tek şey hayal gücünüzdür. Atomlar Tinkertoy setinin parçaları gibidir. Atomlar tekerleğe, kimyasal bağlar da çubuklara benzetilebilir. Tinkertoy'da olduğu gibi atomlar çok çeşitli şekillerde birleştirilebilir. Ancak aradaki farklardan birisi şudur: hücre bir makinedir ve yaşam moleküllerini biraraya getiren mekanizmanın otomatik çalışması gerekmektedir. Örneğin kale yapmak için Tinkertoy parçalarını otomatik olarak birleştiren bir makine hayal edin. Hücrede AMP üreten sistem otomatiktir ve tahmin ettiğiniz gibi basit olmaktan uzaktır.

Atomlar sağa sola saçılmış Tinkertoy parçalarından farklı olarak neredeyse her zaman moleküllerin içinde bulunur. Yani yeni bir molekül yapmak için genellikle eski bir molekül alıp parçaları yeniden birleştirirsiniz. Bunu, bir arabanın gövdesi olarak kullanmak üzere bir Tinkertoys şatosunun kulesini, tekerlek yapmak için uçağın pervanesini almaya benzetebiliriz. Yeni moleküller de aynı şekilde eski moleküllerin parçalarından yapılır. AMP üretmek için kullanılan moleküllerin hepsinin uzun ve sıkıcı kimyasal isimleri vardır. Zorunlu olmadıkça bunları kullanmayacağım. Molekülleri kelimelerle ifade ederken "Ara Form III" ya da "Enzim VII" gibi kolay isimleri tercih edeceğim.



Şekil 7-1: AMP biyosentezi. Şekil ara form III ile başlamaktadır. F riboz-5-fosfat temeli temsil etmektedir. Beyaz kutular azot atomlarını, siyah kutular karbon atomlarını ve gri de oksijen atomlarını temsil etmektedir. Atomlar eklenme sıralarına göre numaralandırılmıştır. Sadece son ürünün parçası olan atomlar numaralıdır. İşlem sırasında eklenen ancak daha sonra yerini başka atoma bırakan ya da uzaklaştırılan atomlar X ile işaretlenmiştir.

Adım adım sentezleme işleminde yer alan moleküller Şekil 7-1'de görünmektedir. Bundan sonraki sayfalarda yer alan tanımlamaları şekilden takip ederseniz muhtemelen olayları daha iyi anlayacaksınız. Yine de anlamadığınız yerler olursa üzülmeyin. Zira amacım anlaşılması zor kavramlardan bahsetmek değil, kimin neye bağlandığını açıklamaktır. Görmenizi istediğim şeyler sistemin karmaşıklığı, gerçekleşen adımların sayısı ve tepkime veren bileşenlerin özelleşmiş olmasıdır. Biyolojik moleküllerin üretimi Calvin ve Hobbes'un bulanık zihinli dünyasından farklıdır ve oldukça gelişmiş moleküler robotlar gerekmektedir. Bundan sonraki iki bölümü okuyup hayret etmenizi istiyorum.

İNŞAAT BAŞLIYOR

Ev yapmak için enerjiye ihtiyacınız vardır. Bu enerji bazen işçilerin kaslarındadır. Ancak bazen de buldozerin benzin deposunda olabilir. Delgeçleri çalıştıran elektrik de bir enerji çeşididir. AMP üretmek için hücrenin de enerjiye ihtiyacı vardır. Enerjiler birbirinden ayrı paketler halinde gelir. Ben bunları enerji paketleri olarak adlandıracağım. Bu paketleri, kaslara enerji sağlayan şeker çubukları ya da makineleri çalıştıran benzin varilleri olarak düşünebilirsiniz. ATP ve GTP de aralarında olmak üzere çeşitli tipte enerji paketleri vardır. Neye benzedikleri ya da nasıl çalıştıkları konumuz dışındadır. Zaten sırası geldikçe gerekli olduğu ölçüde değineceğim.

AMP sentezinin ilk iki adımı sahne arkasında gerçekleştiği için Şekil 7-1'de gösterilmemiştir. Bir evin yapımına temel ile başlanması gibi, AMP'nin de kendisine temel teşkil edecek bir şeye ihtiyacı vardır. Bu temel komplike bir moleküldür ve nasıl sentezlendiğinden bahsetmeyeceğim. Atomlardan oluşan bir çember ihtiva eder: Dört karbon ve bir oksijen. Karbon atomlarının üç tanesi oksijenle bağ yapmıştır. Halkadaki dördüncü karbona başka bir karbon atomu bağlıdır. Bu karbon da başka bir oksijen atomuna bağlanmıştır. Aynı karbon ayrıca üç oksijen ve bir fosfordan oluşan bir molekülün fosfor atomuyla da bağ yapmıştır. AMP sentezinin ilk adımındaki fosfor ve altı oksijen atomundan oluşan bir grup, Enzim I tarafından topluca

temelin oksijenlerinden birine aktarılarak Ara Form II oluşturulur. Bu işlem bir adet ATP enerji paketi gerektirir. Ara Form II vücut tarafından aralarında AMP'nin de bulunduğu bir dizi molekül üretmek için başlangıç noktası olarak kullanılır.

Sonraki adımda, Enzim II amino asit glutamin'den bir azot atomu alarak Ara Form III'ü oluşturmak üzere karbon halkasına ekler. Yine bu adımda, bir önceki adımda eklenen fosfor/oksijen grubu atılır. İşte Şekil 7-1'de anlatılan olaylar da bu noktadan itibaren başlar. Şekli takip etmenizi kolaylaştırabilmek için temeli basitçe F harfi ile göstereceğim. Buna göre Şekil 7-1'de bir azot atomunun F harfine eklendiğini görmekteyiz.[69] Şekilde azotlar beyaz, karbonlar siyah ve oksijenler gri ile gösterilmiştir. AMP'nin oluşumuna kadar giden işlemlerde atomlar eklenme sıralarına göre numaralandırılmıştır. AMP'de yer almayan atomlar ise X harfi ile işaretlenmiştir.

Glisin (iki oksijene ve bir karbona bağlanmış atomun, başka bir karbona ve bir azota bağlanmasıyla oluşur) adı verilen bir amino asit Enzim III'ün yardımı ile Ara Form III'ün yakınına gider ve karbon atomlarından birisinin aracılığıyla onunla bağ yapar. Bu işlem için bir adet ATP enerji paketi kullanılır. Başlangıçta 2 numaralı karbona eklenen iki oksijenden biri bu işlem sırasında atılır. Bu noktada moleküller, hafif rüzgârda sallanan bir kuyruğa sahip gibi görünürler. Bitmiş ürün olarak AMP'nin görüntüsü ise çok daha farklı olacaktır: Temele eklenmiş ve hareketsiz duran, birbiriyle kaynaşmış iki karbon halka. Başlangıçtan şu anda bulunduğumuz noktaya gelebilmek için, molekülün kimyasal olarak doğru sırada hazırlanması gerekir.

Sonraki adımda, bir karbon atomuna bağlı iki oksijen içeren bir formik asit molekülü (aslında bağlı format iyonu) Ara Form IV'ün 4 numaralı azot atomuna bağlanarak Ara Form V'i oluşturur. Bu sırada formattaki oksijenlerden birisi atılır. Normal olarak format kolay tep-

---

[69] Başka basitleştirmeler de kullanılacaktır. Molekülün hidrojen atomları şekil 7-1'de ele alınmamış ya da gösterilmemiştir. AMP sentezinin çoğu aşamasında hidrojen atomları diğer atomlarla birlikte etrafta dolanır. Bu yüzden konu hakkında fikir edinmek için onları dikkate almaya gerek yoktur. Ayrıca çift bağlar ve tek bağlar da konumuz dışındadır. Zira biz sadece bağlantı ile ilgileniyoruz.

kime vermez. Bunun için başka moleküllere eklenerek hazırlık yapılır. Bir biyokimya ders kitabı problemden şu şekilde bahseder:

Format... fizyolojik şartlar altında oldukça zor tepkime veren bir maddedir ve etkin olabilmesi için aktifleştirilmelidir. [THF]'nin en önemli olduğu konu formaldehit ve formatın kimyasal denge durumunda tutulmasıdır. Bu denge ilgili maddelerin hücre açısından zehir tehdidi oluşturacak kadar aktifleşmesini önlemek, öte yandan özel enzim reaksiyonları için önem taşıyan proseslere hazır halde tutmak anlamına gelmektedir.

Yukarıdaki alıntıda da işaret edildiği gibi format sadece çözeltide yüzmekle kalmaz. İlk başta B vitamini olan folik asidin (bu vitaminin nasıl sentezlendiğini de sormayın) kuzeni olan THF'ye eklenir. Bir enzim yardımıyla (ATP enerji paketine ihtiyaç duyan bir reaksiyon ile) vitamine eklendiği zaman formatın hızı değişir ve harekete hazır hale gelir. Ancak THF-Format kompleksi Enzim IV tarafından yönlendirilmediği sürece, Ara Form V'i oluşturmak için Ara Form IV'e eklenmeyecektir. Bunun yerine başka bir şeyle tepkimeye girinceye ya da bozuluncaya kadar hücre içinde salınacaktır. Bu da bizim AMP sentez işlemimizi bozacaktır. Fakat bu durum gerçekleşmez. Zira doğru ürünün alınması için ilgili enzim rehberlik eder.

Bir sonraki adım, Ara Form V'in 2 numaralı karbon atomuna bağlı oksijen atomunu, bir azot atomu ile değiştirmektir. Molekül amonyak ile karıştırılarak istenilen kimyasal tepkime meydana gelir. Ancak amonyak basitçe hücre içine atılamaz. Çünkü ister istemez tepkimeye girmemesi gereken maddelerle de tepkimeye girecektir. Bu yüzden aminoasidin bir parçası, ihtiyaç duyulan azotu verir. Amino asit glutamin, Enzim V'in titiz kontrolü altında Ara Form V'e yanaşır. Bu sayede aminoasidin azot atomu Ara Form V'in ilk oksijen atomuna yaklaşmış olur. Enzimlerin meşhur katalitik hünerleri sayesinde azot amino asitten sıçrar, Ara Form V'in oksijeni atılır, yerini azot atomu alır. Bu adımda bir ATP enerji paketi kullanılır.

ROSIE'NİN ETRAFINDAKİ HALKA

Kendimizi inşa ederken bir sonraki adımda bir AMP molekülü çeşitli yönlerden bir önceki adımdakine benzer. Yine bir azot atomu

alıp bir karbona bağlı oksijenle yer değiştireceğiz ve yine ATP enerji paketi kullanacağız. Ancak bu sefer azotu dışarıdan almak zorunda değiliz. Onun yerine zaten molekülümüzde mevcut olan 1 numaralı azotu alacağız. Temele eklenen ilk azot oyundaki yerini alır. Bu azotun birkaç adım önce fosfor/oksijen grubunun bir molekül ile bağını kopartarak attığını hatırlatalım. Bu azot son zincirdeki oksijen atomunun yerini alır. Bir önceki adımda amino asitten gelen azottan farklı olarak buradaki azot, diğer atomlarla yaptığı bağların hiçbirisini koparmaz. Yaptığı tek şey, Ara Form VII'de de görüldüğü gibi, yeni bir bağ oluşturmaktır. Yeni bir atomlar halkası oluşturması bu düzenlemedeki ilginç noktalardan birisidir. Bu halkanın birbirine yapışık iki grup oluşturan beş üyesi vardır. Birinci grup son adımda bahsedilen 6 numaralı azot, ikinci grup ise temeldir.

Bir gazoz kutusunu sallayıp kapağını açarsanız genellikle fışkıran gazoz ile ıslanırsınız. Sıvıda çözünen karbondioksidin hızla serbest kalması fışkırmaya neden olur. Hücre sıvısında da bir miktar karbondioksit çözünmüş halde bulunur (ancak sallanan bir hayvan köpürmez) ve biyokimyasal reaksiyonlarda kullanılabilir. Bu iyi bir olaydır, zira AMP sentezinin bir sonraki adımında karbondioksite ihtiyaç vardır. Tepkime sırasında gaz molekülü Enzim VII tarafından 3 numaralı karbonun üzerine yerleştirilerek Ara Form VIII üretilir. Bu adımda bir ATP enerji paketi kullanılır.[70]

Şimdi bir amonyak molekül daha eklemek gerekmektedir. Bu adımda da bir ATP enerji paketi kullanılacaktır. Amonyağın en son eklendiği adımda olduğu gibi bu sefer de çözeltide serbestçe bulunmayacaktır (Karbondioksit gibi değildir). Yine amino asit tarafından verilecektir. Ancak bu sefer amonyak veren aminoasidin adı aspartik asittir. Diğer bir farklılık da Ara Form VIII ile tepkimeye giren azotun amino asitten ayrılmamasıdır: İstediğimiz azotu aldık ancak Ara Form IX'un ucunda sallanan fazladan bir atom zinciri vardır. Enzim IX bu istenmeyen eklentiyi keserek ortadan kaldırır.

---

[70] Önceleri bu adımda ATP'ye gerek olmadığı düşünülse de son çalışmalar biyokarbonatın fizyolojik konsantrasyonunda tepkimenin sürmesi için ATP'nin gerekli olduğunu göstermiştir. Voet, D., and Voet, J. G. 1995. *Biochemistry*, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York, s. 800.

Elde edilen Ara Form X yarı yarıya bitmiş bir moleküldür. Aktifleşmiş formatın – yine bir vitamine bağlıdır – başka bir molekülü Ara Form XI'i oluşturmak için Ara Form X'un 6 numaralı azotuna eklenir. Sonraki adımda ise Enzim XI, formata henüz eklenmiş oksijeni koparması ve 9 numaralı karbonla bağ yapması için 8 numaralı azotu yönlendirir. Bu da Ara Form XII'yi oluşturur. Tepkime veren azot başlangıçta karbonla yaptığı bağı koparmadığı için tepkime sonucunda başka bir halka oluşur. Ara Form XII'nin birbiriyle kaynaşmış iki halkası serttir, halka oluşumunda ortaya çıkan önceki atom zincirleri gibi esnek değildir. Bu adımdaki altı üyeli halkanın oluşumuyla birkaç adım önce beş üyeli halkanın oluşumu birbirine benzemektedir. Ayrıca son adımdaki format reaksiyonu da daha önceki reaksiyona kimyasal olarak benzemektedir. Ancak iki adım kümeleri benzer olsa da farklı iki enzim kümesi tarafından katalizlenmektedirler. Bu gereklidir, zira sentez sırasında moleküllerin şekli değişmektedir ve genellikle enzimler şekil değişikliklerine duyarlıdır.

Ara Form XII, IMP adı verilen bir nükleotiddir ve bazı biyomoleküllerde (örneğin protein yapımına yardım eden özel bir RNA çeşidi az bir miktar IMP içerir) kullanılır. IMP'den AMP yapmak için Şekil 7-1'de görüldüğü gibi birkaç farklı adım gerekmektedir. Bir önceki adımda olduğu gibi Enzim XII, amino asit aspartik asidin bir molekülünü altı üyeli halkaya ekler ve gelen molekülün oksijen ve azotunu koparıp atar. Bu da Ara Form XIII'ü oluşturur. Tepkimede kullanılan enerji paketi bu sefer ATP değildir. Daha sonra açıklayacağım nedenlerden dolayı GTP kullanılır. Aspartik asidin en son eklendiği durumda olduğu gibi bu sefer de geride çirkin ve zararlı bir eklenti kalır. Enzim IX (işlemler süresince iki kez kullanılan yegâne enzim) geri gelerek lüzumsuz parçayı koparır ve geride ihtiyaç duyulan azot atomu kalır.

Nihayet nükleik asitlerin yapı taşlarından birisi olan AMP'yi elde etmiş bulunuyoruz.

HEDEFE ULAŞMAK

Çoğu okuyucunun şu an itibariyle labirentte kaybolmuş olduğunu varsayarak AMP biyosentezini özetleyeceğim. Sentez on iki enzimin

işe karıştığı on üç adımdan oluşur. Enzim IX iki farklı adımda kullanılmaktadır. Temel molekülü olan riboz-5-fosfat bir yana sentez için enerji sağlamak üzere, çeşitli adımlarda kullanılan beş ATP molekülü gerekmektedir. Ayrıca bir GTP molekülü, bir karbondioksit molekülü, çeşitli adımlarda azot tedarik edilmesi için iki glutamin molekülü, bir glisin molekülü, farklı adımlarda THF'den gelen iki formil grubu ve iki farklı adımda azot sağlanması için iki aspartik asit molekülü gerekmektedir. Ayrıca iki farklı adımda aspartik asit moleküllerinin kullanılmayan kısımları kesilip atılmalıdır. Yine iki farklı adımda büyüyen molekülün parçaları iki halkayı oluşturmak için bir diğeriyle tepkime vermelidir. Bu on üç adımda gerçekleşen reaksiyonlar sadece tek bir tip molekül üretmek içindir. Sentez yolundaki öncü moleküllerin – Ara Form III'ten XI'e kadar – bağımsız bir rolü yoktur. AMP ya da GMP üretimi dışında başka bir amaçla kullanılmazlar.

Bütün yolların Roma'ya çıktığı söylenir. AMP sentezlemenin de çok sayıda yolu vardır. Rafımdaki bir kimya kitabında adenin (AMP'nin temel olmadan üst parçası) üretilmesi için sekiz farklı yoldan bahsedilmektedir.[71] Molekülün geri kalanı için de çeşitli yollar vardır. Bununla birlikte adenin sentezlemek isteyen kimyagerler hücredekinden tamamen farklı bir yol izlemelidirler. Reaksiyonlar asit derecesi çok yüksek yağlı sıvılarda gerçekleştiği için, bu şartlar bilinen herhangi bir organizmanın çabucak ölmesine neden olacaktır.

1960'ların başında yaşamın kökenleriyle ilgilenen bilim adamları adenin sentezlemek için çok ilginç bir yol buldular.[72] Basit hidrojen siyanür ve amonyak moleküllerinin – dünyanın ilk zamanlarında bol miktarda bulundukları varsayılan moleküller – uygun şartlar altında adenin oluşturacağını keşfettiler. Reaksiyonun kolaylığı Stanley Miller'ı o derecede etkilemişti ki, bu olayı hayatın kökenini araştıranlar

---

[71] Hall, R. H. (1971) *The Modified Nucleosides in Nucleic Acids*, Columbia University Pres, New York, s. 26-29.

[72] Orò, J. (1961) "Mechanism of Synthesis of Adenine from Hydrogen Cyanide Under Plausible Primitive Earth Conditions", *Nature*, 191, 1193-1194. Adenin bazının amonyak ve hidrojen siyanürün tepkimesiyle elde edildiği unutulmamalıdır. AMP nükleotidinin dünyanın ilk dönemleri hakkında ileri sürülen makul koşullar altında üretilmesi aşırı derecede zordur: bkz. Joyce, G. F. (1989) "RNA Evolution and the Origins of Life", *Nature, 338*, 217-224.

için "inancın aşınmaz kayası" olarak nitelemişti.[73] Ancak arka planda gizlenen bir problem vardı: Hidrojen siyanür ve amonyak AMP'nin biyosentezinde kullanılmamaktaydı. Ancak eski dünyada mevcut olsalar ve hayatın başlangıcıyla bir ilgileri olsa bile (bu tezin de başka yönlerden sorunları vardır) bir kimyagerin deney tüpünde basit moleküllerden adenin sentezlemesi, bize, hücredeki AMP'yi oluşturan yolun ilk kez nasıl ortaya çıktığı hakkında hiçbir bilgi vermez.

Stanley Miller basit moleküllerden adenin sentezlenebildiğini görünce çok etkilenmişti, ancak hücre basit sentezden kaçınmaktadır. Aslında riboz-5-fosfat, glutamin, aspartik asit, glisin, N^{10}-formil-THF, karbondioksit ve ATP ile GTP enerji paketlerini (hücrenin AMP üretmek için kullandığı tüm moleküller) suda çözelti haline getirip uzunca bir zaman (bin ya da bir milyon yıl kadar) bekleseydik hiçbir şekilde AMP elde edemeyecektik.[74] Eğer Stanley Miller inancına temel teşkil edecek yeni bir kaya oluşturmak için bu kimyasalları karıştırsaydı, hayal kırıklığına uğrayacaktı.

Roma'dan Milano'ya gitmek için ihtiyaç duyduğumuz tek şey bir çift ayakkabıdır. Ancak Roma'dan Sicilya'ya gideceksek ayakkabılarla beraber bir tekneye ihtiyacımız vardır. Eğer Roma'dan Mars'a gideceksek yüksek teknolojili bir donanıma gerek duyarız. Hücrenin kullandığı malzemelerden AMP üretmek için de ileri teknolojili bir donanım gerekmektedir: İzlenen yol boyunca reaksiyonları katalizleyen enzimler. Enzimlerin yokluğunda AMP sentezlenmesi şekil 7-1'dekinden farklı olarak gerçekleşmeyecektir. Ayrıca adenin ya da AMP üretmenin basit yolları olsa da, tıpkı ayakkabının roketin öncülü olmadığı gibi bu yollar da hücrede gerçekleşen reaksiyon zincirinin öncülü değildir.

---

[73] Alıntılandığı yer: Joyce, G. F., and Orgel, L. E. 1993. "Prospects for Understanding the Origin of the RNA World", RNA World, ed. R. F. Gesteland and J. F. Atkins, Cold Spring Harbor Laboratuary Pres, Cold Spring Harbor, NY, s. 18.

[74] İlk başta AMP'den yapılması gereken ATP'nin indirgenmesi hariç.

A → B→ C→ D

A bileşeninin B ve C aracıları vasıtasıyla D'ye dönüştüğü bir metabolizma sentezi düşünün. Bu metot aşama aşama evrimleşmiş olabilir mi? Bir senaryo düşünelim. Eğer A, B ve C bileşenleri hücrenin işine yarıyorsa ve B, C ya da D'nin hiçbirisi başından itibaren gerekli değilse yavaş bir gelişim mümkündür, diyelim. Bu örnekte A'yı üreten hayalî bir hücrenin yavaş yavaş mutasyona uğrayarak tesadüf eseri B bileşenini ürettiğini düşünebiliriz. Eğer zarar vermeyecekse hücre B'nin kullanıldığı bir yer bulabilir. Daha sonra da belki senaryo tekrarlanabilir. Rastgele bir mutasyon, hücrenin B'den bir miktar C üretmesine sebep olur ve böylece devam eder.

Bununla birlikte D'nin başından itibaren gerekli olduğunu düşünelim. Yeryüzündeki yaşam için AMP gerekmektedir: DNA ve RNA ile bir dizi önemli molekülün üretilmesinde kullanılır. AMP'ye ihtiyaç duymayan bir canlı sistemi oluşturmanın bir yolu olabilir, ancak varsa bile nasıl olacağı konusunda kimsenin bir bilgisi yoktur. Darwin'in teorisi açısından sorun şudur: Kompleks bir biyosentetik yolun sadece en son ürünü hücrede kullanılmaktaysa, bu yolun adımları evrimle nasıl ortaya çıkmıştır? Eğer A, B ve C'nin D'ye öncüllük etmek dışında bir işlevleri yoksa bir organizmanın sadece A'yı üretmekle ne kazancı olabilir? Ya da A'yı üretiyorsa, B'yi niçin üretecektir? Hücrenin ihtiyaç duyduğu şey AMP ise, Ara Form III, IV ya da V ile ne avantaj elde edecektir? Mevcut halleri bir işe yaramayan ara formların varlığı Darwin'in evrim teorisine çok ciddi bir meydan okumadır. Aslında hücrenin başka bir seçeneği yoktur: Yaşam için AMP gereklidir. Ya onu üretmenin bir yolunu hemen bulacak, ya dışarıdan alacak, ya da ölecektir.

Bu konudan bahseden birkaç kitap vardır. Basit ve kısa bir açıklama Thomas Creighton tarafından yapılmıştır:

Biyokimyasal olarak kompleks yapıya sahip metabolik yollar nasıl evrimleşmiş olabilir? Amino asit, nükleotid ve şeker gibi yapı taşlarının üretildiği biyosentez yöntemlerinden bahsederken bu evrimciler yapı taşlarının başlangıçta ilkel çorbada bulunarak doğrudan kullanılmış olma ihtimalini öne sürerler. Ancak organizmaların sayısı arttıkça bu bileşenler yetersiz gelmeye başlamıştır. Bu bileşenin içinden yeni türe-

miş bir enzim vasıtasıyla, üreten bir organizma ayırt edici bir avantaj yakalayacaktır. Bileşenlerin kullanılırlığı bir kez sınırlı hale gelince, o bileşeni ilkel çorbanın başka bileşenlerinden elde edebilen organizmalar, seleksiyonu başarıyla geçecektir. Bu senaryoya göre metabolik yolların enzimleri, günmüzdeki hallerinden zıt bir yönde evrimleşmiş olmalıdır.[75]

Creighton'un basitçe söylemeye çalıştığı şey, eğer modern bir organizmada A, B, C, D şeklinde giden bir tepkime yolu varsa, D'nin ilkel çorbada kullanıma hazır halde bulunması zorunludur. Bu madde enzimlerin yardımı olmadan basit kimyasal öncüllerle oluşmalıdır. D'nin miktarı azaldıkça bazı organizmalar C'den D'yi üretmenin bir yolunu bulmalı, C azalınca da B'den C'yi üretmeyi öğrenmelidir. Kıtlık tehlikesi tekrar ortaya çıkınca da A'dan B üretmeyi vs. öğrenmiş olmaları gerekir. Aynı iddialar, Nobel Ödüllü James Watson, National Academy of Science Başkanı Bruce Albert ve başka yazarlar tarafından yazılan *Molecular Biology of Cell* adlı meşhur bir makalede de ele alınmıştır. Bu yazı sözde ilkel hücreden bahseder:

İlkel hücreye prebiyotik sentez ile üretilmiş birbiriyle ilişkili bileşenler (A, B, C ve D) tedarik edilmektedir. İçlerinden D bileşeni metabolizmada kullanılmaktadır. Hücre kullanılabilir D miktarını tükettince, enzimin oluşmasıyla ayırıcı bir avantaj sağlamış olacaktır.[76]

Herkesin de kabul edeceği üzere eğer D'yi bitirtirseniz yapmanız gereken C'den D üretmektir. Ve tabii ki B'yi C'ye dönüştürmek de kolay bir iş olmalıdır. Hepsinden öte bu bileşen isimleri alfabetik sıradadır. Peki A, B ve diğerlerini nereden alacağız? Tabi ki ilkel alfabe çorbasından.

Gerçek şudur ki kimse mistik A,B, C, D harflerinin yerine gerçek kimyasal isimler koyamamaktadır. Yukarıda bahsedilen ve bazıları ayrıntılı açıklamaları çabuk takip etmeleri için doktora öğrencileri tarafından kullanılan ders kitaplarında çizilen şekiller daha ileriye

---

[75] Creighton, T. (1993) *Proteins: Structure and Molecular Properties*, W. H. Freeman and Co., New York, s. 131.

[76] Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Watson, J. D. (1994) *Molecular Biology of the Cell*, 3rd ed., Garland Publishing, New York, s. 14.

götürülememiştir. Kolayca D'ye dönüşebilen C'leri içeren ilkel bir çorba hayal etmek zor değildir; Calvin ve Hobbes'un da karşılaştığı bir zorluk yoktu. Ancak yüksek miktarda adenylosuccinate'in (Ara Form VIII) AMP'ye dönüştürülebileceğine inanmak çok daha zordur. Carboxyaminoimidazole ribotide'in 5-aminoimidazole-4-(N-succinylocarboxamide) ribotide'e (Ara Form IX) dönüşmek için beklediğine inanmak daha da zordur. Çünkü kimyasalların gerçek isimlerini yerine koyarsanız dönüşümü gerçekleştirecek gerçek kimyasal reaksiyonları da açıklamak zorundasınız. Şu ana kadar bunu yapabilen yoktur.

A, B, C, D teorisindeki problem kalabalıktır. Nispeten daha önemli olanları kısaca ele alalım. İlk olarak prebiyotik sentez uzmanları, AMP biyosentezinde Ara Form X haricindeki, ara formların hiçbirisini elde edememişlerdir.[77] Amonyak ve hidrojen siyanitin tepkimeye sokularak adenin elde edilmesine rağmen, adeninin biyokimyasal öncülleri elde edilememektedir. İkincisi biyokimyasal yoldaki ara formlar enzimlerin özenli kılavuzluğu olmadan üretilemez. Örneğin Ara Form V ve XI'i yöneten enzimler olmazsa format, AMP üretmek için gerekli olan şekilden ziyade kullanışsız bir şekilde tepkime verecektir. Sonraki adımlarda kullanılan enzimlerin kullanıma hazır olabilmesi için önceki adımlarda kullanılan enzimlerin mevcut olması gerektiğine dikkat edin. Aksi halde sonraki enzimlerin bir işe yaramayacağı açıktır. Daha da ötesi enerji paketine gerek duyan adımların titizlikle yönetilmesi gerekir. Yoksa gereksiz işlerle enerji israf edilecektir. Örneğin kompleks bir makine ve bir kanal vasıtasıyla doğru yöne gönderilen benzinin ürettiği enerji bir arabayı hareket ettirebilir. Ancak arabanın altındaki bir havuzda aynı benzini yakarsanız bir işe yaramayacaktır. ATP enerji paketinin kullanımını yöneten bir enzim olmadığı sürece enerji israf edilecektir. Organizmanın tepkime zincirini oluşturan yoldaki kimyasalları üretmeden önce bu adımlara rehberlik edecek enzimlerin var olması gerektiğini bir kez daha hatırlatmalıyım.

---

77 Ferris, J. P., and Hagan, W. J. (1984) "HCN and Chemical Evolution: The Possible Role of Cyano Compounds in Prebiotic Synthesis", *Tetrahedron, 40*, 1093-1120. Bu raporda bahsedilen bileşenlere eklenmiş bir temelin olmadığı unutulmamalıdır.

A, B, C, D öyküsündeki üçüncü problem, izlenen yoldaki bazı ara formların kimyasal olarak dengesiz olmasıdır. Buna göre her şeye rağmen yönlendirilmemiş bir prebiyotik reaksiyon ile üretilmiş olsalar bile çabucak bozulacak ya da yanlış tepkimelere gireceklerdir. Yani tepkime zinciri için tekrar kullanışsız hale geleceklerdir. A, B, C, D öyküsü aleyhine başka sebepler de gösterilebilir, ancak bunlar yeterlidir.

O ZAMAN VE ŞİMDİ

Birkaç yıl önce, Allan Bloom'un *The Closing of the American Mind* adlı kitabını okudum. Modern Amerikan düşüncelerinin çoğunun köklerinin aslında Avrupa felsefesine dayandığını öğrenmek beni oldukça şaşırtmıştı. Özellikle "Mack the Knife" adlı şarkının Almanca "Mackie Messer" adlı şarkıdan çevrildiğini öğrenmek benim için sürpriz olmuştu. Bloom bu şarkının ilham kaynağının Nietzche'nin *Thus Spake Zarathrusta* kitabındaki bir katilin "joy of the knife" şarkısından esinlendiğini iddia ediyordu.[78] Çoğumuz fikirlerimizin bize ait olduğunu düşünmekten hoşlanırız. Ya da başkası tarafından ortaya atılmış olsa bile en azından bilinçli bir şekilde inceleyip onaylamamız gerekir. Bloom'un da ifade ettiği gibi, dünyadaki düzenle ilgili fikirlerimizin çoğunu fazla düşünmeksizin bulunduğumuz kültürden almışızdır. Kendimizi buluverdiğimiz kültürel ortamdan üzerinde fazla düşünmeksizin aldığımızı düşünmek ise cesaret kırıcı bir şeydir.

A, B, C, D fikri, düşünmeden üzerinden geçilen eski bir fikirdir. İlk kez N. H. Horowitz tarafından *Proceedings of the National Academy of Sciences*'ta 1945'te ortaya atılmıştır. Horowitz sorunu şöyle tanımlamaktadır:

Doğal seleksiyon, vücut içindeki işlevsiz özellikleri koruyamadığı için eldeki kanıtların en belirgin sonucu, biyosentezin bir seferde tek bir gen mutasyonunun seçimi ile gerçekleşen adım adım bir evriminin imkânsız olduğunun görülmesidir.[79]

Ancak yine de bir umut vardır:

---

[78] Bloom, A. (1987) *The Closing of American Mind, Simon and Schuster*, New York, s. 151.

[79] Horowitz, N. H. (1945) "On the Evolution of Biochemical Syntheses", *Proceedings of the National Academy of Sciences, 31*, 153-157.

Aslına bakılırsa temel sentez olayının, her seferinde bir mutasyon gerçekleşecek şekilde, adım adım evrimleşerek ortaya çıktığını iddia eden hipotez, her bir adımda elde edilen kazanımların sentez yönünün tersine doğru ilerlediğini öne sürmektedir. Yani sentez zincirindeki en son adım evrimde ilk ortaya çıkan adımdır, daha sonra da bir önceki adım ortaya çıkmıştır vs. Bu işlemlerin gerçekleşmesi için özel bir tür kimyasal ortama ihtiyaç vardır. Yani en son ürünler ve potansiyel ara formların mevcut olduğu bir ortam. Böyle bir ortamın nasıl ortaya çıktığı sorusunu şimdilik erteleyerek tasarlanan mekanizmanın nasıl çalışabileceği üzerinde duralım. İlk türlerin temel bir organik molekül olan D'ye ihtiyaç duydukları varsayılmaktadır. Biyolojik aktiviteler sonucu kullanılabilir D miktarı, türlerin daha fazla gelişmesini sınırlayan bir seviyeye düşer. Bu noktada B + C = D reaksiyonunu gerçekleştirebilecek şekilde mutasyona uğrayan canlılar ayırıcı bir avantaja sahip olacaklardır. B miktarı azaldığı zaman da organizmaların başka sentez reaksiyonlarıyla onu elde etmeleri gerekecektir.[80]

Burada modern ders kitaplarında biyokimyasal yolun gelişimiyle ilgili yapılan açıklamalara yer verilmiştir. Ancak Horowitz'in yaşadığı dönemde bilim ne durumdaydı? 1945'te ne genin doğası, ne de nükleik asit ve proteinlerin durumu biliniyordu. Horowitz'in öne sürdüğü "özel bir tür kimyasal ortam"ın mümkün olup olmadığı deneylerle ispatlanmamıştı. Aradan geçen yıllar boyunca biyokimya inanılmaz gelişmelere sahne oldu, ancak ilgili teoriyi güçlendiren bir bulguya rastlanmadı. Gen ve protein yapılarının Horowitz'in yaşadığı dönemdeki düşüncenin aksine çok daha karmaşık olduğu ortaya çıkmıştır. Kimya bilimi, AMP sentezindeki ara formların yaşayan bir hücre dışında mevcut olamayacağını düşünmek için yeterince delil sunmaktadır ve bunun aksini kanıtlayan bir deney gerçekleştirilememiştir. Horowitz'in "böyle bir ortamın nasıl ortaya çıktığı" sorusunu ertelediği "an" son elli yıldır devam etmektedir. Açık problemlere rağmen bu eski hikâye sanki yüzdeki burun kadar belirginmişçesine ders kitaplarında yer almaya devam etmektedir. Aradan geçen elli yıl boyunca bu fikir hiç sorgulanmamış gibidir. Modern metinleri okurken sık sık "Mack the Knife"ın unutulmaz sözlerini duyarsınız.

---

[80] Diğer tanımlarla uygun olması için Horowitz'in raporundaki A ve D'nin yerlerini değiştirdim.

Ders kitapları standartlaşmış bir fikri sunsalar da bazı insanlar durumdan rahatsızdır. Nobel Ödüllü Christian de Duve *Blueprint for a Call* adlı kitabında hidrojen siyanür/amonyak yolunun önemiyle ilgili şüpheleri dile getirmektedir. Onun tezine göre AMP'nin ortaya çıktığı protometabolik yolda pek çok küçük protein, çok sayıda farklı kimyasal üretme yeteneğiyle birlikte ortaya çıkmıştır ve bu kimyasalların bazıları AMP yolundaki ara formlardır. Teorisini gösterebilmek için *abiyotik sentez* kelimelerinden A, B, C ve D harflerine oklar çıkan bir şekil kullanmıştır. Ancak diğerlerinden farklı olarak A, B, C ve D'den M, N, S, T ve W'ya, onlardan da P, O, Q ve R'ye giden oklar vardır. Harflerin nasıl ortaya çıktığını göstermek için her okun yanına katalizör anlamında *cat* yazmıştır. Fakat çizdiği bu şekil dışında bu olayın gerçekliğini ispat edecek başka bir kanıtı yoktur! O ya da başka bir araştırmacı hiçbir yerde bu gizemli harflerin yerine gerçek kimyasalları yazamamıştır. Hayatın kökenini araştıran bilim adamları AMP sentezindeki ara formlar arasında dönüşümü sağlayan gelişmiş enzimler bir yana, ara formların prebiyotik çorbada var olduğunu ya da olabileceğini gösterememişlerdir. Bahsedilen harflerin Duve'un zihni dışında var olduğunu gösteren bir kanıt yoktur.

Eldeki veriyi kabul etmeyen başka bir bilim adamı da Santa Fe Institute'dan Stuart Kauffman'dır. Yaşayan organizmalardaki metabolizmanın kompleks yapısı, aşamalı evrim yaklaşımının doğruluğu konusunda onu şüpheye sevk etmişti:

Bir metabolizmanın tamamen işlevsel olabilmesi için, en azından, besini ihtiyaç duyulan ürünlere dönüşmesini sağlayan, katalizör destekli ve birbiriyle bağlantılı bir dizi dönüşüm gerçekleşmelidir. Bununla beraber enerji ve ürün akışını sürdürecek bağlantılı bir ağ olmazsa, bağlantılı metabolik yolu evrimleştirecek canlı bir varlık olması mümkün müdür?[81]

Bu sorunun de Duve'un ilgilendiğine benzer şekilde matematiksel terimlerle cevaplanması için şu yapılabilir: Başka kimyasallara dönüşebilecek yapıya sahip ve bu ürünün kimyasallarının da başka kimyasallara dönüşmekte olduğu kompleks bir karışım. Bu da bir şekilde kendi kendini devam ettirebilen bir ağ oluşturacaktır. Yazılarından

[81] Kauffman, S. (1993) *The Origins of Order*, Oxford University Pres, New York, s. 344.

anladığımız kadarıyla Kauffman zeki bir adamdır, ancak matematik ile kimya arasında kurduğu ilişki oldukça zayıftır. *The Origin of a Connected Metabolism* başlığını taşıyan bir bölümde fikirlerini tartışmaktadır, ancak bölümü baştan sona okuduğunuzda AMP, aspartik asit vs. hiçbir gerçek kimyasal isme rastlayamazsınız. Aslında kitabın konu indeksinde de herhangi bir kimyasal madde ismi geçmemektedir. Kauffman'ın hocalarından Maynard Smith onu, "bilgiden bağımsız bilim" uygulamakla suçlamaktadır.[82] Bu oldukça ağır bir suçlama olsa da, kitabın kimyasal ayrıntılardan yoksun olması bu eleştiriyi haklı göstermektedir.

Kauffman ve de Duve kademeli evrim ile ilgili gerçek bir problem ortaya koymuşlardır. Ancak ortaya koydukları çözüm önerisi Horowitz'e ait eski bir fikrin farklı varyasyonlarından başka bir şey değildi. A, B, C, D yerine yüz tane A, B, C, D yazmaktan başka bir şey yapmamışlardır. Daha da kötüsü, hayali harfler arttıkça gerçek kimyadan uzaklaşıp matematiğin zihinsel dünyasına düşme eğilimi görülmüştür.

İYİ BİR ŞEYİN ÇOK MİKTARI

Her çocuk Kral Midas'ın hikâyesini duymuştur. Tamahkâr kral her şeyden çok altına değer veriyordu. Yapılan bir büyü ile dokunduğu her şeyi altına çevirme yeteneği kazanınca ilk başta çok mutlu olmuştu. Eski vazolar, değersiz taşlar, kullanılmış kıyafetler, her şey sadece bir dokunuşla güzel ve paha biçilmez bir hâl alıyordu. Ancak zaten güzel olan çiçekler bir dokunuşla altına dönüşüp üstelik kokularını da kaybedince tehlike ortaya çıkmıştı. Yemeye çalıştığı yiyeceklerin altına dönüştüğünü gören Midas ne kadar büyük bir sorunla karşı karşıya kaldığını fark etti. Nihayet küçük kızı babasına sarılıp altından bir heykele dönüşünce aptal kralı büyük bir üzüntü kaplamıştı.

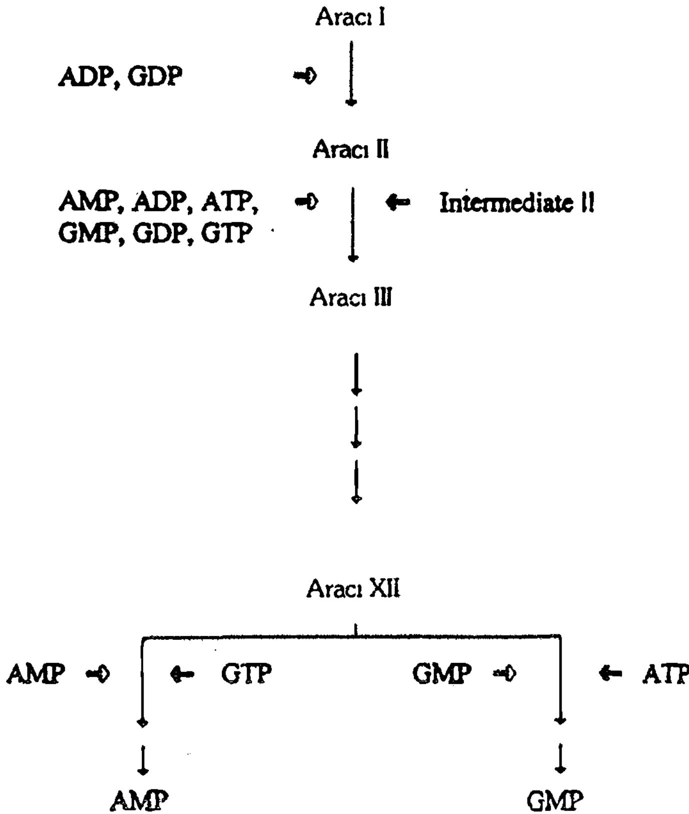
Kral Midas'ın hikâyesi bazı açık dersler vermektedir: Açgözlü olmayın, sevgi paradan daha değerlidir. Ancak bunlardan daha önemli bir ders daha var, bu da düzenlemenin önemidir. Bir iş yapan makine ya da sisteme (büyü ya da başka bir şey) sahip olmak yeterli değildir. Aynı zamanda onu sadece gerek duyduğunuzda çalıştırabilmelisiniz.

---

[82] Smith, J. M. (1995) "Life at the Edge of Chaos?" *New York Review*, March 2, s. 28-30.

Kral altına dönüştürme büyüsünü istediği zaman kullanabilmeyi dileseydi, taşları altına çevirirken kızına bir şey olmayacaktı. Tabaklar altın olurken yiyecekler olduğu gibi kalacaktı.

Günlük yaşamda kullandığımız makinelerdeki düzenleme gereksinimi açıktır. Kapatılamayan bir hızar ciddi bir tehlikedir. Fren ve vitesi olmayan bir araba neredeyse hiç kullanılamaz. Günlük yaşamda kullandığımız biyokimyasal sistemler (farkında olsak da olmasak da) bir çeşit makinedir ve düzenlemeye ihtiyaçları vardır. Bunu göstermek için bundan sonraki üç paragrafı AMP sentezinin düzenlenme metotlarına ayıracağım (Şekil 7-2).



Şekil 7-2: AMP yolunun düzenlenmesi. Kalın beyaz oklar sentezi yavaşlatan bileşenleri göstermektedir. Kalın siyah oklar ise sentezi hızlandıran bileşenlere işaret eder.

Enzim I'nin riboz-5-fosfat'ı (temel) Ara Form II'ye dönüştürmek için bir ATP enerji paketine ihtiyacı vardır. Enzimin yüzeyindeki bir bölge sayesinde, hücredeki ADP ya da GDP miktarı arttıkça bu kimyasallarla bağ yapılabilir. ADP ya da GDP ile bağ yapılması, enzimin aktivitesini düşürüp AMP sentezini azaltan bir valf kapağı işlevi görür. Bu durum fizyolojik açıdan oldukça anlamlıdır: ADP'ler aslında kullanılmış ATP'lerden geriye kalan atıklar olduğu için (silah ateşlendikten sonra geriye kalan boş mermi kovanı gibi) hücre içindeki ADP konsantrasyonunun artması sonucu hücrenin normal enerji paketi olan ATP konsantrasyonunu azaltır. Ara Form I, AMP üretmek yerine daha fazla ATP üretmek için kullanılır.

Biyokimyada ortak olan bir durum vardır ki o da, bir molekül ile geri alınamaz bir metabolik yolu başlatan ilk enzimin oldukça düzenli ve denetimli çalışması gerektiğidir. AMP yolunda da durum farklı değildir. Ara Form II başka yerlerde kullanılsa bile bir kez Ara Form III'e dönüştüğü zaman bu molekül kaçınılmaz olarak AMP ya da GMP'ye kadar gider. Buna göre kritik reaksiyonu tetikleyen Enzim II de denetim altında olmalıdır. Enzim II'nin yüzeyinde tepkimenin gerçekleştiği bölgeler haricinde iki bağlanma bölgesi daha mevcuttur: Bir bölge AMP, ADP ya da ATP'yi, diğer bölge de GMP, GDP ya da GTP'yi tutacaktır. Eğer bir bölge doluysa enzim biraz yavaş çalışacaktır; ikisi de doluysa çalışması daha da yavaşlayacaktır. Daha da ötesi Enzim II'de, reaksiyonların gerçekleştiği bölgelere ek olarak kendisi de bir tepken olan Ara Form II ile bağ yapabilecek bir bölge daha vardır. Ara Form II'nin ikinci bölgeye bağlanması sonucu enzim daha hızlı çalışmaya başlar. Bu durum da fizyolojik açıdan önemlidir: Enzimin iki bölgesini de bağlayan Ara form II miktarı fazlalaşırsa hücre sentez çalışmasında geriye düşecek ve Ara Form II'yi daha çabuk işlemesi gerekecektir.

Sentez işlemi pek çok yerde denetlenmektedir. IMP'nin üretilmesinden sonra yol, AMP ya da GMP oluşturmak için ikiye ayrılır. IMP'den AMP oluştururken ilk adımı tetikleyen Enzim XII, AMP miktarının artması ile yavaşlar. Aynı şekilde IMP'den GMP üretimi de GMP miktarının artmasıyla hız kaybeder (Kral Midas'tan farklı olarak enzimler iyi bir şeyin çok arttığını söyleyebilirler). Son olarak

Enzim XII, enerji paketi olarak GTP'yi kullanır. Zira ortamda çok fazla GTP olursa dengeyi sağlamak için daha fazla "A" nükleotidine (AMP, ADP ve ATP) ihtiyaç vardır. GMP sentezinin son adımında yukarıda bahsedilen sebeplere benzer nedenlerle enerji kaynağı olarak ATP kullanılır.

DENETİM EKSİKLİĞİ

Metabolizma düzenlenmesi başarısız olursa, sonuç hastalık ya da ölümdür. Diyabet buna örnek olarak verilebilir; hücreye girmeyi başarabilen şeker molekülleri normal olarak işlense de, şekerin hücreye alınması yavaştır. Diyabetten çok daha az yaygın olan başka bir hastalıkta da AMP sentezinin denetimi yapılamamaktadır. Bu hastalığa Lesch-Nyhan sendromu adı verilir. Bu hastalıkta, bozulmuş DNA ya da RNA'nın kullanılmış nükleotidlerini dönüştürmesi gereken bir enzim ya mevcut değil, ya da aktif değildir. Bu da dolaylı olarak Ara Form II'nin birikmesine neden olur. Ne yazık ki bu durumda yukarıda anlatıldığı üzere Ara Form II Enzim II'yi uyararak AMP ve GMP sentezinin artmasını sağlar. Sentezin artması ürik asit (AMP ve GMP'nin yan ürünü) üretiminin artmasına neden olur. Ürik asit çözeltiden ayrılarak kristalleşir. Ürik asit kristallerinin rastgele çökmesi damla hastalığında olduğu gibi vücudun normal fonksiyonlarını engeller. Bununla birlikte Lesch-Nyhan sendromunda sonuçlar daha vahimdir. Geri zekâlılık ve kendini yaralama güdüsü – hasta kendi dudak ve parmaklarını ısırır – bunlara dâhildir.

AMP biyosentez işleminin düzenlenmesi, biyomolekül miktarının istenen düzeyde tutulması için gereken karmaşık mekanizmalara güzel bir örnektir; miktar ne çok ne de az, ilişkili moleküllere uygun bir oranda tutulacaktır. Darwinci aşamalı evrimin karşılaştığı sorun, hücrenin yeni bir katalizör ortaya çıkmadan evvel, düzenleyici mekanizmayı geliştirmek için herhangi bir sebebin olmamasıdır. Ancak yeni, denetimsiz ve dolayısıyla "nimet" olmaktan uzak bir yolun ortaya çıkması, organizma için genetik bir hastalık anlamına gelecektir. Bu da antik hücreleri çok hassas ve kırılgan bir hale getirecektir ki, aşamalı evrim varsayımına göre hataya yer yoktur. Hücreler yokluğun ve düzensizliğin iki ateşi arasında dağılacaklardır.

AMP yolunun nasıl geliştiği hakkında hiçkimsenin bir bilgisi yoktur. Birkaç araştırmacı bizzat bu yolun aşamalı bir şekilde olabilmesi için büyük bir engel oluşturduğunu gözlemlemiş olsa da, hiç kimse bir hücrenin metabolik yolunun hemen başlangıçta düzenlenmesi gerektiğinden dolayı ortaya çıkan sorunlarla ilgili bir şey yazmamıştır. Bu konuyu merak eden yok gibidir; hiçkimse kendisini riske atacak bu konuda yazmak istememiştir.

Uzak geçmişte bir hücre geniş otobanı seyretti. Öbür tarafta tamamen yeni bir metabolik yol vardı. Kimyasal kamyon, otobüs, steyşın ve motosikletler ufak hücreyi uyarmaksızın tam gaz ilerliyordu. "Ara formlar çorbada bulunamadı" yazılı ilk şeritte son duydukları şey siren sesiydi ve eski hücrelerin artıklarını gördüler. İkinci şeritte daha az artık vardı ve "kılavuz mekanizma gerekli" yazıyordu. Üçüncü şeritte bir ya da iki ceset vardı ve "dengesiz ara formlar" yazmaktaydı. Dördüncü şerit boştu ve "denetim" yazıyordu; daha öteye kimse geçememişti. Karşı taraf aslında çok uzaktı.

KURALCI YAPI

Amerika Birleşik Devletleri'nin 9. Anayasa Düzenlemesi'nde göre "Bazı haklarla ilgili maddeler toplumun sahip olduğu diğer hakların aleyhine yorumlanamaz". İfadesi yer almaktadır. Kısa bir belgenin tüm durumları kapsayamayacağını söylemek gerekir. Yani tartışılmayan konular hakkında bir şey söylenmemektedir. Üçüncü bölümden altıncı bölüme kadar bir dizi eksiltilemez karmaşık sistemi ele aldım ve neden aşamalı bir yolla ortaya çıkamayacaklarını göstermek için ayrıntılara girdim. Okuyucunun esas sorunu anlayabilmesi için bu ayrıntılar gerekliydi. Bu sistemlere çok vakit harcadığım için diğer biyokimyasal sistemlere yer ayırmadım. Ancak bu, onların Darwincilik için sorun teşkil etmediği anlamına gelmemelidir. Eksiltilemez karmaşıklık ile ilgili başka pek çok örnek vardır: DNA replikasyonu, elektron taşınması, telomer sentezi, fotosentez, transkripsiyon denetimi vs. Okuyucuya tavsiyem, kütüphaneden bir biyokimya kitabı alıp aşamalı evrim ile ilgili sorunları kendi gözleriyle görmesidir.

Bu bölüm biraz farklıdır. Bu bölümde Darwincilik için tek engelin eksiltilemez karmaşıklık olmadığını göstermek istedim. İlk bakışta

aşamalı yaklaşıma uygun görünen sistemler yakından incelendiğinde ya da deneysel sonuçlar açıklandığında, Darwinci şema ile çözülebilmeleri mümkün değildir. Kademeli gelişim teorisi büyük baş ağrısı teşkil etmektedir.

Horowitz'in önerdiği fikir o günün şartlarında iyiydi. Makul ve doğru görünüyordu. Eğer kompleks bir metabolik yol aşama aşama ortaya çıkmış olsaydı, Horowitz'in ortaya koyduğu taslak geçerli olabilecekti. Ancak aradan geçen yıllar boyunca bilim ilerledi ve Horowitz'in taslağı için gerekli ön koşulların mevcut olmadığı görüldü. AMP üretimi için ayrıntılı bir Darwinci açıklama varsa bile, bundan kimsenin haberi yoktur. İnatçı kimyagerler matematiğe boğulup hüsranla karşılaştılar.

Darwin için yegâne metabolik çelişki AMP değildir: Amino asitler, lipitleri, vitaminleri, bunun gibi daha birçok büyük problemi gündeme getirir. Ve metabolizmanın ötesinde zorluklar da mevcuttur. Ancak diğer problemler şu anda bizi ilgilendirmemektedir. Şimdi tartışmayı biyokimyadan uzaklaştırıp diğer konulara getireceğim. Son beş bölümde ele alınan bilimsel engeller, Darwinci açıklamaların önünde duran dağ ve uçurumlara örnek teşkil etmektedir.

KISIM III

KUTU BİZE NE SÖYLÜYOR?

VIII. BÖLÜM
YAYINLA YA DA YOK OL

BİR DERGİ: *THE JOURNAL OF MOLECULAR EVOLUTION*

Üçüncü bölümden yedinci bölüme kadar, tartıştığım karmaşık biyokimyasal sistemlerin kökeni hakkında kimsenin bir açıklama yapamadığını gösterdim. Ancak ABD'de yaşamın moleküler temeliyle ilgilenen on binlerce bilim adamı vardır. Zamanlarının çoğunu proteinleri ayırt etmek, yapılarını analiz etmek ve minik varlıkların çalışma yollarının ayrıntılarını çıkarmaya çalışmakla harcarlar. Bununla birlikte evrimle ilgilenen bilim adamları da vardır ve profesyonel literatüre dâhil olmuş çok sayıda eser mevcuttur. Eğer karmaşık biyokimyasal sistemler açıklanamıyorsa "evrim" başlığı altında neler yayınlanmış olabilir? Bu bölümde yapılan – ve yapılmayan – çalışmaları göreceksiniz.

Yaşamın moleküler temeli keşfedildiğinde evrimci düşünce moleküllere uygulanmaya başlandı. Bu alandaki profesyonel araştırma raporlarının sayısının artmasıyla birlikte *Journal of Molecular Evolution* adlı bir dergi çıkmaya başladı. 1971'de yayına başlayan JME, yaşamın moleküler seviyede nasıl ortaya çıktığını açıklamayı hedefleyen araştırmalara özel bir dergi olmuştur. Alandaki önemli şahsiyetler tarafından yönetilmektedir. Yayın kurulunu oluşturan elliden fazla kişinin yaklaşık on kadarı National Academy of Science üyesidir. Editörlük yapan şahsın adı Emile Zuckerlandl'dır. Zuckerlandl (Linus Pauling

ile birlikte) farklı türlerden alınan benzer proteinlerdeki amino asit dizilimleri arasında farklılıkların bu türlerin en son ne zaman ortak bir ataya sahip olduklarını belirlemek için kullanılabileceğini öne süren ilk şahıstır.

JME'nin her ay yayınlanan sayısı, moleküler evrimin çeşitli yönleriyle ilgili yaklaşık on tane bilimsel rapor içermektedir. Ayda on makale, yılda yaklaşık yüz ve her on yılda da bin adet makaleye karşılık gelmektedir. Belirli bir alanda hazırlanmış yaklaşık bin raporu incelediğiniz zaman hangi problemlerin çözüldüğü, hangilerinin üzerinde çalışıldığı ve hangilerinin görmezden gelindiği hakkında fikir sahibi olabilirsiniz. JME'nin son on yılda çıkan sayılarına bakıldığında bu raporlar kolayca üç kategoriye ayrılmaktadır: yaşamın kökeni için gerekli olduğu düşünülen moleküllerin kimyasal sentezi, DNA ya da protein dizilimlerinin karşılaştırılması ve soyut matematik modeller.

BAŞLANGIÇ

Yaşamın kökeni sorusu çok önemli ve ilginçtir. Biyoloji eninde sonunda bu soruyu cevaplamalıdır: Yaşamın, varyasyona dayalı doğal seleksiyon ile evrimleştiği hayal edilse bile, ilk kez nasıl ortaya çıkmıştır? JME'de yayınlanan tüm raporların yaklaşık yüzde 10'u, yaşamın başlangıcı için gerekli olduğu düşünülen moleküllerin kimyasal sentezine ayrılmıştır.

Modern bilim tarihinde en meşhur isim Stanley Miller'dır. II. Dünya Savaşı'nın ardından University of Chicago'da Nobel Ödüllü Harold Urey laboratuarında lisansüstü öğrencisi olarak çalışmalar yapan Miller, milyarlarca yıl evvel yaşamın olmadığı yeryüzünde hangi kimyasal maddelerin mevcut olabileceğini belirlemek istemişti. Hidrojenin evrende en çok bulunan madde olduğunu biliyordu. Hidrojen, dünyada yaygın olan karbon, azot ve oksijenle tepkimeye girdiği zaman metan, amonyak ve su oluşturuyordu. Buna göre Miller metan, amonyak, su buharı ve hidrojen ihtiva eden yapay bir atmosferde hangi kimyasalların oluşturulabileceğini görmeye karar verdi.[83]

[83] Bugün dünyanın erken dönemlerindeki atmosferin Miller'ın varsayımından tamamen farklı olduğu ve amino asitlerin atmosferdeki işlemlerle üretilme olasılığının çok düşük olduğu düşünülmektedir.

Metan, amonyak, su buharı ve hidrojen genellikle kolay tepkime vermezler. Miller, bu gazların ilginç olabilecek gazlar üretmesi için, sistemi harekete geçirecek bir enerji verilmesi gerektiğini biliyordu. Yeryüzünde bulunan enerji çeşitlerinden birisi ışıktı. Miller laboratuarında dünyanın ilk zamanlarında mevcut olduğunu tahmin ettiği gazlardan oluşan bir karışım ve biraz su birikintisini aletlerin içine koydu. Işık sağlamak için de kıvılcım saçan elektrotlar kullandı.

Miller suyu kaynattı ve gaz karışımını bir hafta kadar ışığa maruz bıraktı. Bu sürede cam kabın kenarlarında çözülmez, yağlı bir katran oluşurken içinde materyal toplanan su birikintisi giderek kızardı. Bir hafta sonunda Miller, suda çözünmüş kimyasal karışımı analiz ettiğinde çok çeşitli amino asitler içerdiğini gördü. Bu sonuç dünyada büyük heyecan uyandırdı. Amino asitler proteinlerin yapı taşı olduğundan, yaşam makinelerini üretmek için gerekli materyalin ilk bakışta dünyanın ilk zamanlarında yeterli miktarda olduğu düşünülmüştü. Olaydan etkilenen bilim adamları doğal süreçlerin amino asitleri biraraya getirerek protein üretebileceğini, bazı proteinlerin önemli kimyasal reaksiyonlarda katalizör görevi görebileceğini, proteinlerin küçük hücre benzeri zarların içinde toplanabileceğini, nükleik asitlerin de benzer yolla elde edilebileceğini ve kendini kopyalayabilen ilk gerçek hücrenin ortaya çıkabileceğini hayal etmekte fazla zorlanmadılar. Elektrik akımı ile, Mary Shelley'in kurgusal Frankenstein'ı gibi, cansız maddelerden yaşam üretilmesi mümkün görünüyordu.

Stanley Miller'ın ilk çalışmalarını temel alan başka deneyler de yapıldı. Miller deneyinde çok az amino asit çeşidi tespit etmişti. Ancak canlı organizmalar yirmi çeşit amino asit içermekteydi. Başka araştırmacılar Miller'ın deney ortamını değiştirdiler. Yapay atmosferdeki gaz karışımı değiştirildi, enerji kaynağı elektrik kıvılcımından (güneş ışığı gibi) ultraviyole ışınlara ya da (patlamaları benzetmek için) yüksek basınçlı darbelere döndü. Daha gelişmiş analiz metotları ile çok küçük miktarlarda kimyasal maddeler tespit edildi. Çalışmalar sonucunda deneylerde yirmi çeşit aminoasidin neredeyse tamamı elde edilebilmişti.

Yaşamın kaynağıyla ilgili ilk yıllarda yapılan araştırmalarda belki de en dikkate değer gelişme, Juan Oró'nun laboratuarında elde edil-

miştir. Onlar basit kimyasal hidrojen siyanürün kendi kendine tepkime verip aralarında nükleik asitlerin yapı taşlarından adeninin de bulunduğu ürünler elde edildiğini göstermişlerdir. Bundan sonra yaşamın kökeniyle ilgili olarak DNA ve RNA araştırmaları ağırlık kazandı. Yıllar geçtikçe RNA'nın bazı kısımlarını oluşturan şeker ribozun yanı sıra diğer nükleik asit yapı taşları da kimyasal simülasyon deneyleriyle elde edildi.

Bu meşhur gelişmeler ışığında, dışarıdan bakan bir kimse yaşamın kökeniyle ilgili profesyonel literatürdeki kötümser düşüncelere rastladığında şaşırabilir. Bu yazılardan birisi alanda önemli bir araştırmacı olan Klaus Dose'dur. Problemi değerlendiren Dose, bu güçlüğü ortaya koyarken hiçbir şeyden çekinmez.

Kimyasal ve moleküler alanda hayatın kökeniyle ilgili olarak 30 yılı aşkın bir süredir yapılan deneyler, yeryüzündeki yaşamın kaynağının çözümünden çok, sorunun daha iyi anlaşılmasına neden olmuştur. Bu alanda ilkesel teoriler üzerine yapılan tartışmalar ve deneyler şu anda ya bir yere sıkışıp kımıldayamaz durumdadır, ya da cehaleti ortaya koymaktadır.[84]

Özellikle Miller'ın öncülük ettiği, her şeyin yolunda gittiği bir dönemin ardından, bir bilim adamını böylesine karamsar bir düşünceye iten şey nedir? Gerçekten başarılı deneylere rağmen, yaşamın bazı bileşenlerinin basit kimyasal ürünlerin ötesinde olduğunu anladığınızda, problemler yığını mevcuttur. Şimdi bu problemlerden bazılarını inceleyelim.

Yaşayan organizmadaki molekülleri hücre dışında gerçekleşen kimyasal reaksiyonlarla elde etmek gerçekten kolaydır. İşin ehli olan herhangi bir bilim adamı, malzeme dükkanından bazı kimyasal maddeler alır, doğru oranda karıştırır, uygun bir çözücüde çözdürür, bir tüpün içinde belirli bir süre ısıtır ve yan tepkimelerin ürettiği istenmeyen ürünleri uzaklaştırarak sonuca ulaşır. Sadece yapı taşları (amino asit ya da nükleotid) değil, bizzat yapılar da (protein ve nükleik asitler) yapı taşlarından üretilebilir. Aslında tüm bu süreçler otomatikleştiril-

---

84 Dose, K. (1988) "The Origin of Life: More Questions than Answers", *Interdisciplinary Science Reviews*, *13*, 348.

miştir ve ticari firmalar kimyasalları karıştırıp tepkimeye sokan makineler satmaktadırlar. Bir lisans öğrencisi yönergeleri izleyerek bir ya da iki gün içerisinde uzun bir DNA parçası – belki de bilinen bir proteinin gen kodu – elde edebilir.

Çoğu okuyucu sorunu hemen fark etmiş olmalıdır. 4 milyar yıl önce yeryüzünde bir kimyager yoktu. Kimyasal materyallerin satın alınabileceği bir dükkan, damıtma tüpü ya da modern laboratuarlarda kullanılan ve iyi bir sonuç elde edebilmek için cihazların hiçbirisi mevcut değildi. Yaşamın kaynağı ile ilgili tatmin edici bir senaryoda, kimyasal reaksiyonlara rehberlik edecek bir aklın varlığı düşünümelidir. Çünkü aklın müdahalesi kaçınılmazdır. Dünyanın ilk zamanlarında hangi maddelerin mevcut olduğuna dair – Stanley Miller'ın yaptığı gibi – mantıklı bir tahmin, gerekli bir başlangıç noktasıdır. Bir araştırmacının yapması gereken şey mümkün bir başlangıç noktası seçip ellerini geri çekmektir.

Bir benzetme yapmak gerekirse, rastgele doğal süreçlerin bir çikolatalı kek üreteceğini söyleyen ünlü bir aşçı düşünülebilir. Bunu ispatlamaya çalışırken buğday, kakao ve şeker kamışı dâhil işlenmemiş ürünleri alıp, sıcak suyun doğru materyalleri ayrıştırarak pişireceği beklentisi içerisinde, sıcak bir kaynağın yakınlarına koymasına izin vereceğiz. Ancak sıcak suyun gerekli bileşenleri bitkilerden ayırmasını bekleyecek zamanı olmadığını söyleyerek dükkândan un, kakao ve şeker almasına karşı uyanık olacağız. İşlemi hızlandırmak için sıcak su kullanmak yerine malzemeleri elektrikli fırında pişirmeye kalkarsa itiraz edeceğiz. Ve eğer malzemeleri dikkatlice ölçüp bir tasta karıştırır, bir tepsiye yerleştirir ve fırında pişirirse arkamızı dönüp ondan uzaklaşacağız. Bu durumda elde edilecek sonucun onun ilk iddiasıyla bir ilişkisi olmayacağı açıktır.

Stanley Miller'ın açıkladığı deney sonuçları tüm dünyada büyük heyecan uyandırmıştı. Ancak Miller'ın da kolayca açıkladığı gibi bu deney konuyla ilgili ilk deney değildi. Daha önce başka bir sistem kurmuş ve amino asit olmasa da yağ üretmeyi başarmıştı. Bulunabilecek en ilginç kimyasal olarak amino asitleri düşündüğü için onları üretme umuduyla kurduğu sistemi değiştirmeyi denemişti. Şüphesiz yeryüzünün ilk zamanlarındaki şartlar Miller'ın başarısız girişimlerin-

de oluşturduğu şartlara benzeseydi, gerçekte de hiçbir zaman amino asit üretilemeyecekti.

Daha da ötesi, biyolojik faaliyetlere uygun bir protein oluşturmak için çok sayıda aminoasidi biraraya getirmek, amino asit üretmekten çok daha zordur. Amino asitleri birleştirmenin kimyasal zorluğu, büyüyen protein zincirine eklenecek her bir amino asitten bir su molekülünün koparılmasının zorunlu olmasıdır. Tersine, suyun varlığı da amino asitlerin protein oluşturmasına ket vuran bir durumdur. Dünya üzerindeki su miktarı oldukça fazla olduğu ve amino asitler de suda kolayca çözündüğü için yaşamın kökeniyle ilgilenen araştırmacılar bu sorunun üstesinden gelebilmek için işe yaramayan senaryolar üretmek durumunda kaldılar. Örneğin Sydney Fox adlı bir bilim adamı; bazı amino asitlerin ilkel okyanusun aktif bir volkan etekleri gibi çok sıcak bir bölgesinde yıkanmış olabileceğini öne sürdü. Buna göre kaynayan su ile ısıtılmış ve su uçup gidince de birleşmişlerdi. Ne yazık ki başka çalışmalar kuru amino asitlerin ısıtıldığı zaman kokulu, koyu kahverengi bir katran bıraktıklarını ancak protein oluşturmadıklarını göstermiştir. Bununla beraber Fox, üç farklı amino asitten bir tanesinin büyük bir parçası alınarak saf amino asit karışımına eklenip bir laboratuar fırınında ısıtılırsa amino asitlerin birleşeceklerini göstermiştir. Ancak oluşan yeni madde protein değil, kimyasal olarak farklı bir üründür. Fox ve yardımcıları bu maddeyi "proteinoid" olarak adlandırmış ve gerçek proteinleri anımsatacak şekilde bazı tepkimelere katalizör olarak girebilmek gibi ilginç özelliklere sahip olduklarını göstermişlerdir.

Bilim çevreleri bu deneylere karşı oldukça şüpheci bir yaklaşım sergilemiştir. Bizim hayali aşçımızın durumunda olduğu gibi, proteinoidlerin üzerine de araştırmacının ter kokusu sinmişti. Proteinoidleri üretmek için gereken şartlar – volkan etekleri gibi az rastlanan bölgelerdeki sıcak ve kuru ortam; ayrıca doğru miktarlarda ve saflaştırılmış amino asitler – deneylerin üzerindeki kara bulutlardır. Daha da kötüsü proteinoidler gerçek proteinler olmadığı için gerçek protein üretme sorunu devam etmektedir. Yaşamın kökeni ile ilgili sorunları ele aldığı kitabında Robert Shapiro, proteinoidler üzerine yapılan çalışmaların şu görüş üzerinde ittifak yapılmasını sağladığını belirtir:

Proteinoid teorisi şiddetli eleştirilere maruz kaldı. Kimyager Stanley Miller'dan yaratılışçı Duane Gish'e kadar... Belki de yaşamın kaynağı teorisinde evrimci ve yaratılışçıları, Sydeny Fox'a muhalefet konusunda, böyle uyumlu hale getirecek başka bir nokta yoktur.[85]

Amino asitlerden protein üretilmesiyle ilgili başka araştırmacıların da çeşitli teorileri vardı. Hepsi de proteinoid belasıyla karşı karşıya kaldı ve hiçbirisi bilim çevrelerinde yeterli ilgi görmedi.

RNA DÜNYASI

1980'lerde Thomas Cech adlı bir bilim adamı bazı RNA'ların kısmen katalizör işlevi gördüklerini ortaya çıkardı.[86] Proteinlerden farklı olarak RNA'nın bir şablon görevi gördüğü ve böylece potansiyel olarak kendi kopyalanmasını katalizleyebildiği için proteinin değil de RNA'nın yaşam yolunun başlangıcı olduğu öne sürüldü. Cech'in çalışması açıklandıktan sonra heyecanlı kimseler yeryüzünün, yaşam oluşturmaya giden yolda RNA ile dolu olduğunu hayal etmeye başladılar ve bu dünya RNA dünyası olarak adlandırıldı. Ne yazık ki RNA dünyasının oluşturduğu iyimser hava, bilinen kimyayı göz ardı etmekteydi. 1990'ların RNA dünyası pek çok açıdan 1960'larda Stanley Miller'ın oluşturduğu fenomen gibi geçici bir hevesti: Deneysel veriye karşı cesurca ve umutlu bir mücadele.

Prebiyotik bir dünyada doğal süreçlerin protein oluşturabileceğine ilişkin gerçekçi bir senaryo tasarlamak – bütün zorluklara rağmen – RNA gibi nükleik asitlerin oluşmasını hayal etmekle kıyaslandığında parkta yürüyüş yapmak gibidir. Buradaki büyük problem "yapı taşı" olan her bir nükleotidin bizzat kendisinin de çeşitli bileşenlerden oluşması ve bu bileşenleri oluşturan proseslerin kimyasal uyumsuzluğudur. Bir kimyager laboratuarda bileşenleri ayrı ayrı sentezleyip saflaştırarak ve birbirleriyle tepkime vermeleri için yeniden düzenleyerek

---

[85] Shapiro, R. (1986) Origins: *A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth*, Summit Boks, New York, s. 192.

[86] Cech bu çalışmasıyla Nobel Ödülü kazanmıştır. Ödül getiren alıntı Cech'in yaşamın kökeni çalışmalarının önemini göstermektedir. Ancak Cech'in kendisi bu çalışmasıyla yaşamın kökeni arasında nadiren ilişki kurmuştur.

nükleotidleri kolayca üretebilse de, denetim altında olmayan kimyasal reaksiyonlar genellikle istenmeyen ürünler ve şişenin dibinde şekilsiz, yapışkan bir madde üretirler. Yaşamın kaynağı üzerine uzun ve yorucu çalışmalar yapan iki bilim adamı olan Gerald Joyce ve Leslie Orgel RNA'yı "prebiyotik kimyagerin kâbusu" olarak adlandırmaktadırlar. Oldukça açık sözlüdürler:

Yaşamın kökeniyle ilgilenen bilim adamları açıkça iki sınıfa ayrılabilir. İlk grup her zaman olmasa da genellikle moleküler biyoloji ile uğraşanlardır ve RNA'nın kendini kopyalayabilen ilk molekül olması gerektiğine ve kimyagerlerin nükleotid sentezinin zorluklarını abarttıklarına inanırlar... İkinci grup bilim adamı çok daha kötümserdir. İlkel dünyada yeni oligonükleotidlerin ortaya çıkmasının neredeyse bir mucize olacağına inanmaktadırlar. (Yazarlar bu ikinci görüşü savunmaktadırlar). Zaman kimin haklı olduğunu gösterecektir.[87]

Bu mucizevi olaylar gerçekleşip RNA üretilebilmiş olsa da Joyce ve Orgel yine engeller görmektedir. "Another Chicken and Egg Paradox" başlığını taşıyan bir makalede şu ifadeleri kullanmışlardır:

Tartışmanın... temelinde bir zayıflık söz konusudur: Başlangıçta bir rastgele polinükleotidler karışımında ortaya çıkan ve kendini kopyalayabilen RNA efsanesi. Böyle bir düşünce bizim şu anki prebiyotik kimya bilgimiz ışığında gerçek dışı olmakla kalmayıp RNA'nın katalizörlük potansiyeli hakkındaki iyimser görüşü de zorlamaktadır... Evrim olmaksızın kendini kopyalayan bir ribozomun ortaya çıkması mümkün görünmemektedir, öte yandan bir şekilde kendini kopyalama olmaksızın ilk, ilkel kendini kopyalayan ribozomun evrimleşmesinin de bir yolu yoktur.[88]

Başka bir ifadeyle kimyasal olarak eksiksiz RNA'yı üreten bir sistem tek başına yeterli değildir. RNA'ların büyük bir çoğunluğu kullanışlı katalizörlük özelliklerine sahip olmadığından, kimyasal olarak gerçekten eksiksiz RNA'nın elde edilmesi için ikinci bir olağanüstü tesadüf gerekmektedir.

---

[87] Joyce, G. F., and Orgel, L. E. (1993) "Prospects for Understanding the Origin of the RNA World", *The RNA World*, ed. R. F. Gesteland and J. E. Atkins, Cold Spring Harbor Laboratuary Pres, Cold Spring Harbor, NY, s. 19.

[88] Joyce and Orgel, s. 13.

Yaşamın kökeniyle ilgilenenler bir önceki bölümde tartışılan ölüm yolu probleminden muzdariptir. Trafiğin en yoğun olduğu zamanda bin şeritlik bir yolda karşıdan karşıya geçmek isteyen bir dağ sıçanının önünde mutlak bir engel yoksa; protein, nükleik asit ya da diğer biyokimyasalların tasavvur edilebilir, doğal kimyasal prosesler sonucu ortaya çıkmasında da mutlak bir engel yoktur. Ancak yoldaki katil karşı konulmaz bir olgudur. Bazı prebiyotik kimyagerlerin çözümü oldukça basittir. Bin tane dağ sıçanını yol kenarına bırakıp ilk şeridi geçeni tespit ederler. Daha sonra bin tane daha yeni dağ sıçanı alıp helikopterle ikinci şeridin başına bırakırlar. Dağ sıçanlarından bir tanesi ikinci şeridi geçmeyi başarabilirse bin yeni dağ sıçanı üçüncü şeridin başına bırakılır. Deneylerine uzun, saflaştırılmış ve araştırmacı tarafından sentezlenmiş RNA ile başlayan RNA dünyası taraftarları, dağ sıçanlarını 700 şerit üzerinden uçurup 701. şeride geçebileni izlemektedirler. Bu cesur bir çabadır, ancak diğer tarafa bir kez geçerlerse zafer tamamen işe yaramaz olacaktır.

Yaşamın kökenini araştıran bilim adamları gördükleri itibarı hak etmektedirler. Soruna yaklaşırken bilimin yapması gerektiği gibi deney ve hesaplamaları kullanmışlardır. Ayrıca deneylerin büyük bölümü pek bekledikleri gibi çıkmamasına rağmen, onların çabaları sayesinde doğal kimyasal yöntemlere dayalı yaşam kaynağı olgusunun ne kadar büyük zorluklarla karşılaşabileceği hakkında net bir fikre sahibiz.

Bilim adamlarının çoğu özel konuşmalarında yaşamın başlangıcıyla ilgili, bilimin hiçbir açıklaması olmadığını itiraf ederler.[89] Diğer yandan yine pek çok bilim adamı yaşamın kökeni anlaşıldığında, takip eden evrim sürecinin, bu kitapta ana hatları verilen büyük zorluklara rağmen, kolayca gerçekleştiğini düşünürler. Bu özel durumun sebebi

---

[89] Bilim dünyasındaki dergi ve kitaplarda yer alan açıklamalar kötümser olsa da haber ajanslarına yapılan açıklamalar her şeyin kontrol altında olduğunu söylemektedir. University of Memphis'in sözcülerinden John Angus Campbell şunu gözlemlemiştir: "Fikrin devasa yapıları – pozitivizm gibi – asla gerçekten ölmeyecektir. İnsanların onları yavaş yavaş terk edip hatta kendi aralarında dalga geçtiklerini düşünebilirsiniz, ancak ikna edicilik açısından kullanışlı kısımlar bilgisiz insanları korkutup kaçıracaktır." Campbell, J. A. (1994) "The Comic Frame and the Rhetoric of Science: Epistemology and Ethics in Darwin's Origin", *Rhetoric Society Quarterly, 24*, 27-50. Bu, bilim dünyasının yaşamın kökeni sorularını ele alırken kullandığı yoldur.

şudur: Kimyagerler hayatın kaynağı senaryolarını deney ya da hesaplama ile test etmeye çalışırken, evrimci biyologlar evrim senaryolarını moleküler seviyede deney ya da hesaplama yoluyla test etmek için hiçbir girişimde bulunmamaktadırlar. Sonuç olarak evrimci biyoloji, ellili yılların başında, daha tüm deneyler yapılmamışken, yaşamın kökeni çalışmalarını etkisi altına alan, çılgınca işleyen, hayal gücüne saplanmışlardı. Aslında biyokimya, organizmanın bütününe uygulanan aynı teorinin açıklamasını katı bir biçimde reddeden moleküler bir dünyayı ortaya çıkarmıştı. Bu teori, Darwin'in başlangıç noktalarının hiçbirisini – yaşamın kökeni, görmenin kökeni – hesaba katmamıştı. Darwin, yaşamın en temel seviyelerinde bile mevcut olan mükemmel kompleksliği tasavvur etmemişti.

Journal of Molecular Evolution aradan geçen yıllar boyunca yaşamın kaynağını ele alan şunun gibi pek çok soruyu gündeme getirdi: Miller tarafından keşfedilemeyen başka amino asitler de üretilebilir mi? Eski atmosferde baskın madde metan değil de karbondioksit olsaydı ne olurdu? Modern zamanlarda mevcut olmayan diğer nükleotidler yaşamı başlatabilir miydi? *JME*'de bununla ilgili yayınlanan bazı raporlar şu başlıkları taşımaktadır: "Prebiotic Syntheses in Atmosphere Containing CH_4, CO and CO_2"[90], ""Radiolysis of Aqueous Solutions of Hydrogen Cyanide (pH 6): Compounds of Interest in Chemical Evolution Studies"[91], "Alternative Bases in the RNA World: The Prebiotic Synthesis of Urazole and Its Ribosides"[92] ve "Cyclization of Nucleotide Analogues as an Obstacle to Polymerization"[93]. Bunlar bilim adamları için ilginç sorulardır. Ancak kanın pıhtılaşması, hücresel taşıma ya da hastalıkla mücadele sistemle-

---

[90] Schlesinger, G., and Miller, S. L. (1983) "Prebiotic Syntheses in Atmospheres Containing CH_4, CO and CO_2", *Journal of Molecular Evolution, 19*, 376-382.

[91] Niketic, V., Draganic, Z. D., Neskovic, S., Jovanovic, S. and Draganic, I. G. (1983) "Radiolysis of Aqueous Solutions of Hydrogen Cyanide (pH 6): Compounds of Interest in Chemical Evolution Studies", *Journal of Molecular Evolution, 19*, 184-191.

[92] Kolb, V. M., Dworkin, J. P., and Miller, S. L. (1994) "AlteRNAtive Bases in the RNA World: The Prebiotic Syntheses of Urazole and Its Ribosoides", *Journal of Molecular Evolution, 38*, 549-557.

[93] Hill, A. R., Jr., Nord, L. D., Orgel, L. E., and Robins R. K. (1989) "Cyclization of Nucleotide Analogues as an Obstacle to Polymerization", *Journal of Molecular Evolution, 28*, 170-171.

rinin evrimle ilgili ortaya koyduğu problemleri gündeme getirmeye bile başlamamışlardır.

KAYIP RAPORLAR

Journal of Molecular Evolution'da bulunan ikinci kategori raporlar, evrim hakkında matematiksel modeller ya da (yapı taşlarının) sıra bilgisinin karşılaştırılması ve yorumlanması ile ilgili var olan verilerin matematiksel olarak değerlendirilmesini içerip, mevcut makalelerin yaklaşık yüzde beşine karşılık gelmektedir. Bunlardan bazıları "A Derivation of All Linear Invariants for a Nonbalanced Transversion Model"[94] ve "Monte Carlo Simulation in Phylogenies: An Application to Test the Constancy of Evolutionary Rates"[95] başlığını taşımaktadır. Matematik, kademeli bir sürecin zaman içerisinde nasıl işlediğinin anlaşılması için faydalı olsa da, gerçek dünyada evrimin aşamalı ve rastgele bir süreç olduğunu kabul etmesine rağmen, nasıl meydana geldiğini göster(e)memektedir.

JME'de yayınlanan raporların yüzde 80 gibi büyük bir bölümü dizilimlerin karşılaştırması ile ilgilidir. İki farklı proteinin amino asit dizilimi, ya da iki farklı DNA'nın nükleotid dizilimlerinin karşılaştırılması benzerlik ya da özdeşlikleri ile eksiklikleri incelemeye yaramaktadır.

1950'lerde protein zincirlerini belirlemek için keşfedilen metotlar iki protein dizisini karşılaştırmayı mümkün hale getirmiştir. Bunun arkasından hemen iki farklı türe ait benzer proteinlerin (insan hemoglobini ile at hemoglobininin) aynı amino asit sırasına sahip olup olmadığı sorusunu gündeme getirmiştir. Cevap şaşırtıcıydı: İnsan ve at hemoglobini oldukça benzeşiyordu, fakat aynı değildi. 146 pozisyonun 129 tanesinde hemoglobinin protein zinciri aynıydı, ancak diğer pozisyonlarda benzerlik söz konusu değildi. Maymun, tavuk, kurbağa ve başka canlıların hemoglobin dizilimleri ortaya çıkarıldığında birbirle-

---

[94] Nguyen, T., and Sped, T. P. (1992) "A Derivation of All Linear Invariants for a Nonbalanced Transversion Model", *Journal of Molecular Evolution, 35*, 60-76.

[95] Adell, J. C., and Dopazo, J. (1994) "Monte Carlo Simulation in Phylogenies: An Application to Test the Constancy of Evolutionary Rates", *Journal of Molecular Evolution, 38*, 305-309.

riyle ve insanla kıyaslanmaları mümkün hale gelmişti. Maymun hemoglobini insanınkinden 5 pozisyonda farklıydı; tavukların 26 ve kurbağaların ise 46 farkı vardı. Bu benzerlikler zihinlerde bazı çağrışımlar yaptı. Araştırmacıların çoğu, amino asit dizilimlerindeki benzerliğin ortak bir ataya dayanan soy iddiasını desteklediği sonucuna vardılar.

Evrimciler tarafından yakın akraba oldukları farz edilen türlerin (insan ve şempanze ya da tavuk ve ördek gibi) proteinlerindeki amino asit sıralarının da genellikle çok benzediği, aralarındaki akrabalığın uzak olduğu düşünülen canlıların (kokarca ve lahana) proteinlerinin ise genellikle o kadar benzemediği öne sürüldü. Aslında bazı proteinler için, çeşitli dizilimlerde benzerlik tespit edilebilir ve bu korelasyon oldukça iyidir. Emile Zuckerkandl ve Linus Pauling buna dayanarak moleküler saat teoremini ortaya attılar. Bu teoriye göre sözde zaman içerisindeki mutasyonları yığınsal biçimde toplayan proteinler korelasyona sebep olmaktaydı. Moleküler saat teorisi ortaya atıldıktan sonra, pek çok tartışmaya sebep olmuş ve konuyla ilgili pek çok karşı görüş öne sürülmüştür. Yine de genel anlamda uygulanabilir görünmeyi sürdürmektedir.

1970'lerin sonunda DNA diziliminin tespit edilmesi için hızlı ve kolay metotlar keşfedildi. Böylece sadece protein dizisi değil protein geni ve ayrıca kontrol bölgeleri ve diğer özellikleri içeren geni çevreleyen DNA'nın üzerinde çalışma yapmak da mümkün hale gelmişti. Bazı genlerin onlarca intronu* vardı; bazıları ise sadece bir ya da iki introna sahipti. Artık bir biyokimyacı farklı türlerin genlerindeki intron sıralarının karşılaştırmasını, toplam intron sayısı, gendeki bağıl pozisyonları, uzunluk ve temel kompozisyonları ve onlarca daha özellikleri ile ilgili çalışmalarını yayınlayabilirdi. Genetik aygıtın diğer özellikleri de karşılaştırılabilirdi: genlerin diğer genlere göre konumu, iki nükleotidin arka arkaya gelme sıklığı, kimyasal olarak modifiye olmuş nükleotidlerin sayısı vs. *Journal of Molecular Evolution*'da bu konuyla ilgili yayınlanan çok sayıda rapordan bazıları şu başlıkları taşımaktadır: "Examination of Protein Sequence Homologies: IV.

* Bir ökaryotun proteine dönüştürülmemiş gen DNA'sı [Ç.N.].

Twenty-Seven Bacterial Ferredoxins"[96], "Evolution of - and -Tubulin Genes as Inferred by the Nucleotide Sequence of Sea Urchin cDNA Clones"[97], "Phylogeny of Protozoa Deduced from 5S rRNA Sequences"[98] ve "Tail-to-Tail Orientation of the Atlantic Salmon Alpha and Beta-Globin Genes"[99].

Dizilimlerin karşılaştırılması, kendi içerisinde ilginç bir konu olan muhtemel soyları belirlemede oldukça faydalı olsa da – bu kitabın ana konusu olan – kompleks bir biyokimyasal sistemin nasıl işlev kazandığı hakkında bir bilgi veremez.[100] Aynı şirketin ürettiği iki farklı bilgisayar modelinin kullanım kılavuzları (muhtemelen yazarları aynı olduğu için) benzeşim sayesinde çok sayıda aynı kelime, cümle ve hatta paragraf içerebilir. Bu da ortak soy çağrışımı yapabilir. Ancak kullanma kılavuzundaki harf sıralarının karşılaştırılması ile bir bilgisayarın daktilodan adım adım gelişerek üretilip üretilemeyeceği hakkında asla bir bilgi vermeyecektir.

JME'de yayınlanan ve genel olarak üç başlık altında – yaşamın kökeni, evrimin matematiksel modelleri ve dizilimlerin analizi – toplayabileceğimiz makaleler oldukça girift, zor ve geniş bilgi içeren çalışmalardır. Bu değerli ve ilginç çalışmalar bu kitabın mesajıyla çelişir mi? Asla çelişmez. Darwinci evrimin doğadaki her şeyi açıklayamaya-

---

[96] Otoka, E., and Ooi, T. (1987) "Examination of Protein Sequence Homologies: IV. Twenty-Seven Bacterial Ferredoxins", *Journal of Molecular Evolution, 26*, 257-268.

[97] Alexandraki, D., and Ruderman, J. V. (1983) "Evolution of _- and _-Tubulin Genes as Inferred by the Nucleotide Sequence of Sea Urchin cDNA Clones", *Journal of Molecular Evolution, 19*, 397-410.

[98] Kumazaki, T., Hori, H., and Osawa, S. (1983) "Phylogeny of Protozoa Deduced from 5S rRNA Sequences", *Journal of Molecular Evolution, 19*, 411-419.

[99] Wagner, A., Deryckere, F., McMorrow, T., and Gannon, F. (1994) "Tail-to-Tail Orientation of the Atlantic Salmon Alpha and Beta-Globin Genes", *Journal of Molecular Evolution, 38*, 28-35.

[100] Aslında bu kitapta ele aldığımız bazı proteinler başka proteinlere benzeyen sıra ya da şekillere sahiptir. Örneğin antikorların şekli hücrenin oksijenden korunmasını sağlayan süperoksit dismutazı andırmaktadır. Ayrıca görmede kullanılan rodopsin bakterilerde enerji üretiminde rol alan ve bakteriyorodopsin adı verilen bir proteine benzemektedir. Yine de benzerlikler görme ya da bağışıklık sisteminin nasıl adım adım geliştiği konusunda bize bir şey söylemez. Benzer sıralara sahip proteinler bulmanın karmaşık bir biyokimyasal sistemin nasıl gelişmiş olabileceği hakkında teoriler geliştirilmesine yardımcı olacağı umulabilir. Ancak böyle sıra karşılaştırmalarının karmaşık biyokimyasal sistemlerin kökenini anlamamıza yardımcı olmaması tedrici gelişim teorisi önünde büyük bir engeldir.

cağını söylemek, varsaysonyal çeşitlenme mutasyon ve doğal seleksiyonun olmadığı anlamına gelmemektedir. Bu olaylar en azından mikro evrim durumlarında defalarca gözlenmiştir. Dizilim analizcileri gibi ben de, eldeki kanıtların sayıları gösterebileceği tezini desteklediğine inanıyorum. Ancak esas soru cevapsız kalmaktadır: Kompleks sistemlerin ortaya çıkmasına ne sebep olmuştur? Bu kitapta tartışılan kompleks, girift yapıların mutasyon ve doğal seleksiyon ile nasıl oluştuğu hakkında ayrıntılı, bilimsel bir açıklama henüz yapılamamıştır.

Aslında *JME*'nin yayın hayatı boyunca çıkan makalelerin hiçbiri kompleks bir biyokimyasal sistemin aşamalı, Darwin'in evrim teorisine uygun bir şekilde oluşmasını anlatan detaylı bir model ortaya koymamıştır. Pek çok bilim adamı, hücrenin henüz olmadığı devirlerde dizilimlerin nasıl değiştiği, ya da yaşam için gerekli kimyasalların nasıl üretildiği sorularını sormalarına rağmen *JME*'de şu konuları ele alan hiçbir yazı yayınlanmamıştır: Fotosentetik reaksiyon merkezi nasıl gelişti? Molekül içi taşıma nasıl başladı? Kolesterol biyosentezi nasıl başladı? Retinalin görmeyle ilişkisi nasıl oluştu? Fosfoprotein işaretleme yolu nasıl gelişti? Bu soruların cevaplanması bir yana sorulmamış olmaları gerçeği, kompleks biyolojik sistemlerin kökeninin anlaşılmasında Darwinizm'in yetersiz bir taslak olduğuna dair güçlü bir işarettir.

Bu kitapta gündeme getirilen sorularla ilgilenmek için "Bakterideki Fotosentetik Reaksiyon Merkezinin Oluşmasında Yirmi Adım", "Bir Hücreyi On Derece Döndürmek İçin Yeterli Vuruş Gücü Yaratan İlkel Sil", "RNA İşlevindeki Adenozini Etkili Bir Biçimde Taklit Eden Adenozin Sentezindeki Ara Formlar" ve "3 Milimetreden Küçük Damarlardaki Kan Akışını Engelleyebilecek ve Rastgele Yan Yana Gelmiş Liflerden Oluşan İlkel Bir Pıhtı" gibi başlıklar taşıyan raporların olması gerekmektedir. Ancak bu tür makaleler bulunmamaktadır. Az da olsa benzerleri yayınlanmamıştır.

JME'de neden ayrıntılı modellerin yayınlanmadığını anlamak için belki de fare kapanının coşkulu ve genç bir bilim adamı tarafından geliştirilmesi gerçekten bilimsel yöntemlerle incelenirse neye benzeyeceğini sormalıyız. İlk olarak modern kapanların öncülü olan daha basit bir kapan düşünecektir. Tahta bir taban ile işe başladığını düşünelim.

Olamaz, zira tahta tek başına fare yakalamaya yetmeyecektir. Kısa bir tutucu çubukla başlasın. Bu da olmaz, zira yetişmeyeceği için kapan işlevsiz kalacaktır. Nispeten daha küçük bir kapanla başlasın. Bu durumda da karmaşıklık açıklanamayacaktır. Başka fonksiyonlar için bağımsız olarak geliştirilen parçaların – taban için şeker çubuğu, kapan yayı için bir saat yayı vs. – tesadüfen biraraya geldiğini düşünün. Bu sefer de mevcut işlevleri onları fare yakalamaya uygun olmaktan alıkoyacaktır. Ayrıca fare kapanına uygun hale gelmek için nasıl geliştikleri de açıklanmalıdır. Bu değerlendirmelerin sonuna gelen genç ve zeki bilim adamı, ilgi alanını daha makul konulara kaydıracaktır.

Oldukça gelişmiş, eksiltilemez karmaşık sistemlerin – fare kapanı ya da Siller veya kanın pıhtılaşması – aşama aşama geliştiği şeklindeki bir açıklama, önceki bölümlerde de gördüğümüz üzere son derece tutarsızdır. Hiçbir bilim dergisi, tutarsızlığı açık olan bir yazı yayınlamayacaktır. Buna göre, moleküler evrim hakkında ayrıntılı sorular soran bir çalışma bulunamayacaktır. Russell Doolittle'ın kan pıhtılaşma sisteminin evrim sürecini tasarlarken yaptığı gibi, önemli ayrıntıların göz ardı edilmesiyle Calvin ve Hobbes hikâyeleri uydurulabilir. Ancak böyle yüzeysel girişimlere bile nadiren rastlanmaktadır. Aslında, metabolik yol gibi görünüşte eksiltilemez karmaşık olmayan sistemler için bile literatürde evrimci bir açıklama yoktur. Bunun sebebi yaşamın kaynağını açıklamakta yaşanan başarısızlığın sebebiyle benzer görünmektedir: Bu girişimlerin hepsi karmaşıklık denizinde boğulmaktadır.

YUKARIDA VE AŞAĞIDA ARAYIŞ

Biyokimya araştırmalarına adanmış çok sayıda dergi mevcuttur. *JME* özel olarak moleküler evrimle ilgilense de diğer yayınlar da başka konularla beraber moleküler evrimle ilgili makaleler yayınlamaktadır. Belki de sadece *JME*'yi araştırarak sonuca varmak yanlış olacaktır. Muhtemelen diğer, konuya özel olmayan yayınlar da karmaşık biyokimyasal sistemlerin kökeni hakkında araştırma raporları yayınlamıştır. *JME*'nin yanlış kaynak olduğunu kolaylıkla anlamak için, biyokimya ana başlığı altında pek çok konuya değinen prestijli başka bir

dergiye hızlıca göz atalım: *Proceedings of the National Academy of Sciences.*

PNAS 1984 ile 1994 yılları arasında büyük çoğunluğu yaşam bilimleri ile ilgili yaklaşık yirmi bin rapor yayınladı. Bu dergi, her yıl yayınlanan makale kategorilerine göre yıllık indeksini derlemektedir. Bu indekse göre on yıl içinde moleküler evrimle ilgili olarak yaklaşık 400 rapor yayınlanmıştır.[101] Bu, *Journal of Molecular Evolution*'un aynı dönemde yayınladığının yaklaşık üçte biri kadardır. *PNAS*'ın konuyla ilgili olarak her yıl yayınladığı raporların sayısı 1984'te 15 iken 1994'te 100 olacak şekilde önemli bir artış göstermiştir. Açıkça görüldüğü gibi bu sayıda bir artış vardır. Ancak *JME*'de olduğu gibi raporların büyük bir çoğunluğu (yaklaşık yüzde 85), "nasıl" sorusunu ihmal ederek, dizilimlerin analizine ayrılmıştır. Moleküler evrim raporlarının yaklaşık yüzde 10'u matematiksel çalışmalardır. Bu çalışmalar ya sıra karşılaştırmalarını iyileştirmek için kullanılan yeni metotlar ya da oldukça soyut modeller hakkındadır. Kompleks biyokimyasal yapıların nasıl gelişmiş olabileceği hakkında ayrıntılı bir yol haritası öneren hiçbir rapor yoktur. Başka biyokimya dergileri incelenirse yine aynı sonuçla karşılaşılacaktır: açıklama olmaksızın dizilim üstüne dizilim.

Aradığımız cevabı dergilerde bulamıyorsak belki de kitaplara bakmalıyız. Darwin, devrim yaratan teorisini bir kitap ile açıklamıştır. Newton da aynı yolu tercih etmiştir. Kitabın avantajı yazarına fikirlerini açıklamak için bol miktarda yer sunmasıdır. Bağlam içinde yeni bir fikir oluşturmak, uygun örnekler vermek, çok sayıda adımı ayrıntılarıyla beraber açıklamak, karşılaşılması muhtemel eleştirilere yanıt vermek vs. tüm bunlar çok yer tutacaktır. Modern evrim literatüründe örnek teşkil edebilecek kitaplardan birisi Motoo Kimura'ya ait olup *The Neutral Theory of Molecular Evolution* adını taşımaktadır.[102] Bu kitapta DNA ve proteinlerde meydana gelen dizilim değişikliklerinin işleve etkisi olmadığı, bu mutasyonların nötr olduğu fikrini açıklamak

---

101 "Moleküler Evrim", "Protein Evrimi" ve bazı diğer konularda yazılan raporları hesaba katıyorum.

102 Kimura, M. (1983) *The Neutral Theory of Evolution*, Cambridge University Pres, New York.

için oldukça fazla yer ayrılmıştır. İkinci örnek ise Stuart Kauffman tarafından kaleme alınmış olan *The Origins of Order* adlı kitaptır. Yazar yaşamın kökenleri, metabolizma, genetik programlar ve vücut planı vs. tümünün Darwin'in açıklamalarının çok ötesinde olduğunu, ancak kendini düzenleme yoluyla spontane olarak ortaya çıktığını iddia etmektedir.[103] Kimura'nın çalışması dizilimlerle ilgiliyken Kauffman matematiksel analiz ile uğraşmıştır. Yine de dünyadaki kütüphanelerin birisinde özel biyokimyasal yapıların nasıl oluştuğunu anlatan bir kitap olabilir.

Ne yazık ki kütüphane kataloglarında bilgisayar yardımıyla yapılacak bir araştırma sonucu böyle bir kitabın var olmadığını görürüz. Günümüzde bu durum şaşırtıcı değildir. Yeni teoriler öne süren Kimura ve Kauffman'ın kitapları gibi çalışmalar da ilk kez bilim dergilerinde yayınlanan raporların gerisinde kalmaktadır. Dergilerde biyokimyasal yapıların evrimi ile ilgili raporların yokluğu da konuyla ilgili bir kitabın basılmış olma ihtimalini ortadan kaldırmaktan başka bir işe yaramamaktadır.

Biyokimyasal evrimle ilgili kitapları bilgisayar yardımıyla ararken bir dizi ilginç başlıkla karşılaşırsınız. Örneğin John Gillespie tarafından yazılan ve 1991'de yayınlanan bir kitap *The Causes of Molecular Evolution** adını taşımaktadır. Ancak spesifik biyokimyasal sistemlerle ilgilenmemektedir. Tıpkı Kauffman gibi organizmaların kendine has tüm özelliklerini göz ardı edip, onları matematiksel ifadelere indirgeyerek işlem yapmaya çalışan bir matematiksel analizdir. Doğa göz ardı edilmiştir. (Matematiğin tabii ki oldukça güçlü bir araç olduğunu eklemeliyim. Ancak matematiğin bilime faydalı olması için başlangıç noktası doğru seçilmelidir.)

Aynı yıl yayınlanan başka bir kitap ise *Evoluiton at the Molecular Level* adını taşımaktadır.[104] Kitabın ismi çok şey vaat etse de, birilerinin yeni bir fikir ortaya koyduğu bir çalışma değildir. Farklı yazarlar

---

103 Kauffman, S. A., (1993) *The Origins of Order: Self Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Pres, New York.

* Moleküler Evrimin Nedenleri (Ç.N.)

104 Selander, R. K., Clark, A. G., & Whittam, T. S. (1991) *Evolution at the Molecular Level, Sinauer Associates*, Sunderland, MA.

tarafından yazılmış, her biri özel bir alanla ilgilenen, dergilerdeki raporlardan daha derin olmayan yazılardan oluşan toplama bir kitaptır. Kitabın içeriği kaçınılmaz olarak dergi içeriklerine benzemektedir: pek çok DNA ya da protein dizilimi, biraz matematik ve hiç açıklama yok.

Biraz farklı bir kitap türü de bilimsel toplantılarda ulaşılan sonuçlardan bahsetmektedir. Long Island'daki Cold Spring Harbor Laboratories yıllar boyunca çeşitli konularda pek çok toplantıya sponsorluk yapmıştır. 1987'de düzenlenen bir konferans "Evolution of Catalytic Function"** başlığını taşımaktaydı ve katılımcıların sunduğu yaklaşık yüz kadar makale bir kitap haline getirilmişti.[105] Tipik bir konferans kitabı olarak sayfaların yaklaşık üçte ikisi, yazarın laboratuarında neler yaşandığından bahsetmektedir. Yapılan çalışmada kitabın temasıyla bağlantısını kurmak için çok az bir girişimde bulunulmakta ya da herhangi bir çaba harcanmamaktadır. Diğer sayfaların büyük bölümü sıra analizine ve bir kısmı da prebiyotik kimyası ya da basit katalizörlere (bilinen organizmaların karmaşık mekaniğine değil) ayrılmıştır.

Arama genişletilebilir ancak sonuçlar aynıdır. Karmaşık biyokimyasal sistemlerin evriminin detaylarını ele alan bir toplantı, kitap ya da rapor hiç bir zaman bulunamamıştır.

KÜLTÜRLEŞME

Darwinci mekanizmanın yaşamın tümünü açıklayabileceği konusunda pek çok bilim adamı şüphe içerisindedir, ancak yine pek çok insan Darwin'e inanmaktadır. İncelediğimiz kadarıyla, kompleks sistemlerin nasıl ortaya çıktığı hakkında ayrıntılı açıklamalar getiren ne bir rapor ne de bir kitap olmadığı halde, pek çok biyokimya uzmanı neden Darwin'e itibar etmektedir? Bunda, biyokimya eğitimi alanların Darwinizm'i doğru bir teori olarak öğrenmelerinin etkisi büyüktür. Darwinizm'in bir gelenek olarak başarısı ile, moleküler seviyede bir

---

** Katalitik İşlevin Evrimi (Ç.N.)

105 Cold Spring Harbor Sympozia on Quantitative Biology (1987), sayı 52, *Evolution of Catalytic Function*, Cold Spring Harbor Laboratory Pres, Cold Spring Harbor, NY.

bilim olarak başarısızlığını anlayabilmek için araştırmacı bilim adamlarının eğitimleri sırasında kullandıkları ders kitaplarını incelemeliyiz.

Son yılların en başarılı biyokimya metinlerinden birisi, Johns Hopkins University biyofizik profesörlerinden Albert Lehninger tarafından 1970 yılında yazılmış olup, aradan geçen zaman içerisinde defalarca güncellenmiştir. Lehninger yazdığı ilk ders kitabının ilk bölümündeki ilk cümlesinde evrimden bahsetmektedir. Neredeyse tüm hücrelerde oluşan biyomoleküllerin, görevlerine nasıl olup da sıra dışı bir şekilde uygun olduklarını sormaktadır:

Önemli biyomolekül sınıflarının yapı ve özelliklerine adanmış 12 bölümden ilkinde, biyomoleküllerin iki bakış açısıyla ele alınacağı fikrini geliştirmeliyiz. Tabii ki biyolojik olmayan moleküllerde yaptığımız gibi burada da onların yapı ve özelliklerini klasik kimyada kullanılan ilke ve yaklaşımlarla incelemeliyiz. Ancak bunları, biyomoleküllerin evrimsel seleksiyon ürünü oldukları ve kendi biyolojik işlevlerine en uygun moleküller oldukları hipotezi ışığı altında incelememiz gerekmektedir.[106]

İyi bir öğretmen olan Lehninger, öğrencilerini biyokimya uzmanlarının dünya görüşüne – yaşamın kökeni üzerine çalışırken kullanmaları gereken sadece iki "bakış açısından" biri olan "biyokimyayı anlamak için evrim önemlidir" görüşüne – yönlendirmekteydi. Tembel bir öğrenci Lehninger'in görüşlerini kabul ederken, tarafsız bir gözlemci biyokimya çalışmalarında evrimin ne kadar önemli olduğu konusunda kanıt arayacaktır. Kitabın indeksi mükemmel bir başlangıç noktasıdır.

Lehninger, öğrencilerin aradıkları bilgiyi kolaylıkla bulmaları için, kitabına oldukça ayrıntılı bir indeks koymuştu. Her bir terim farklı açılardan ele alınabileceği için indeksteki pek çok konu birden fazla yer ayrılmıştır. Örneğin, Lehninger'in ilk baskısındaki indekste Ribozom kelimesi 21, fotosentez 26, E. koli bakteri 42 yerde geçerken "proteinler" başlığı altında 70 referans vardı. Toplamda yaklaşık 6.000 kayıt vardı ancak "evrim" başlığı altında sadece 2 konu mevcuttu. İlk alıntı protein zincirleri hakkında bir tartışmayı içermekteydi. Ancak daha evvel de söz ettiğimiz gibi dizilim verisi, saf bağlarını ortaya çı-

[106] Lehninger, A. L. (1970) *Biochemistry*, Worth Publishers, New York, s. 17.

karmak için kullanılabilirdi; bu veriyle karmaşık biyokimyasal sistemlerin nasıl ortaya çıktığı tespit edilemezdi. Lehninger'in atıf yaptığı ikinci bölüm, zamana karşı koyamayan proteinoid ve diğer konuları tartışarak yaşamın kaynağını ele aldığı bir bölümdü.

Lehninger, öğrencilerine çalışmalarında evrimi dikkate almaları gerektiği tavsiyesini, bizzat kendi yaptığı indeks (6000 maddeden sadece 2'si) ile yalanlanmış oluyordu. Lehninger biyokimya ile ilgili neredeyse her konuyu almıştı. Yine de evrimin hiç de ilgili bir konu olmadığı görülmektedir.

Lehninger, kitabın ikinci baskısını 1982'de yayınladı. Bu baskıdaki indekste 7.000 madde vardı ve evrimle ilgili yine sadece 2 kayıt mevcuttu. Lehninger'in 1986'da ölmesinin ardından Wisconsin Üniversitesi'nden Michael Cox ve David Nelson, 1982'de çıkan baskıyı güncelleyip yeniden yazdılar. Yeni yazarlar önsözde hedeflerini şöyle sıralamışlardır:

Özellikle evrim, termodinamik, denetim ve yapı-işlev ilişkisi gibi önemli konular hakkında net ve tekrarlanan vurgularda bulunmak.[107]

Aslında yeni baskının indeksindeki yaklaşık 8.000 maddenin 22'si evrimle ilgiliydi; bir önceki baskıya kıyasla 10 kat artış vardı. Ancak hayatın kökeni ile ilgilenen kimya ve dizilim karşılaştırmalarını (Lehninger'e ait metindeki iki konu) bir kenara koyarsak, yeni baskıda *evrim* kelimesinin sadece esrarlı bir kılıç gibi sallanmakta olduğunu göreceğiz. Örneğin başlıklardan bir tanesi "evolution, adaptation of sperm whale"dir.[***] Söz konusu sayfaya atladığımızda sperm balinalarının kafalarında tonlarca yağ olduğunu ve düşük ısılarda daha da yoğunlaştığını öğreniyoruz. Bu da balığın sıkça daldığı çok derinlerde, suyun yoğunluğuna karşı koymasına ve kolaylıkla yüzmesine yardım etmektedir. Kitapta kaşalot anlatıldıktan sonra şu ifadeler geçmektedir: "Burada görmekteyiz ki sperm balinaları evrim sayesinde dikkate değer bir anatomik ve biyokimyasal adaptasyon geçirmişlerdir"[108]. Ancak evrimle ilgili başka bir cümle yoktur! Balinalar "evrimle mü-

---

107 Lehninger, A. L., Nelson, D. L., and Cox, M. M. (1993) *Principles of Biochemistry*, 2nd ed., Worth Publishers, New York, s. viii.

*** Kaşalotların evrim ve adaptasyonu. (Ç.N.)

108 Lehninger et al. (1993), s. 244.

kemmelleşmiştir, dağılabilirsiniz". Sperm balinalarının bu yapıya nasıl sahip olduklarını açıklama hususunda yazarın herhangi bir girişimi yoktur.

Lehninger'e ait metnin en yeni baskısında, evrimle ilgili yeni referanslar üç kategoriye ayrılabilir: dizilim benzerlikleri, hücrelerin soyu hakkında yorumlar ve evrim hakkında iyi niyetli fakat mesnetsiz düşüncelerin yer aldığı bir bölüm. Ancak bunların hiçbir moleküler bir makinenin adım adım nasıl ortaya çıktığı hakkında, ilkesel olarak dahi, bir bilgi vermemektedir. Herhangi bir kompleks biyokimyasal sistemin Darwin'in iddiasına uygun bir şekilde ortaya çıkışı ile ilgili ayrıntılı bir yol örneğine rastlanamamaktadır.

Önemli üniversitelerin son dönemde kullandığı 30 biyokimya kitabı üzerinde yapılacak bir araştırma sonucu, (Tablo 8-1) çoğunun evrimi görmezden geldiği sonucuyla karşılaşırız. Örneğin Philedelphia Jefferson Üniversitesi'nden Thomas Devlin'in yazdığı biyokimya kitabı, ilk kez John Wiley & Sons şirketi tarafından 1982'de yayınlanmıştır; 1986 ve 1992'de yeni baskılar bunu takip etmiştir. İlk ve ikinci baskının indeksinde 2.500 madde varken son baskıda 5.000 madde mevcuttur. Bunların arasında evrimle ilgili olanlar sıfır, tekrar ediyorum sıfır sayıdadır. North Caroline State University'den Frank Armstrong tarafından yazılan ve Oxford University Press tarafından yayınlanan bir kitap, 1828'de Friedrich Wöhler tarafından gerçekleştirilen üre sentezinden başlayarak biyokimya alanındaki önemli gelişmeleri ele alan bir bölüm içeren ve son zamanlarda basılmış yegâne kitaptır. Bu bölüm Darwin ya da evrime hiçbir atıfta bulunmamaktadır. Her üç baskıda da Armstrong, kitabının indeksine evrim maddesini koymayı gereksiz bulmuştur. John Wiley & Sons'ın yayınladığı başka bir kitapta ise indeksteki 2.500 maddenin sadece bir tanesinde evrim kelimesi geçmektedir. Orada da 4. sayfadaki Klasik Darwinci bir cümleye atıf yapılmaktadır: "Organizmalar jeolojik bir zaman diliminde evrimleşmiş ve değişen koşullara adapte olmuşlardır ve olmaya devam etmektedirler"[109]. Başka da bir şey söylenmemiştir.

---

[109] Conn, E. E., Stumpf, P. K., Bruening, G., and Doi, R. H. (1987) *Outlines of Biochemistry*, 5th ed., John Wiley & Sons, New York, s. 19.

Tablo 8-1
Biyokimya kitaplarının indekslerinde evrime yapılan atıf.

Yazar	Yıl	Yayıncı	İndeksteki toplam madde	Evrime atıf yapan madde
Lehninger	1970	Worth	6 000	2
Lehninger	1982	Worth	7 000	2
Lehninger et al.	1993	Worth	8 000	22
Devlin	1982	John Wiley & Sons	3 500	0
Devlin	1986	John Wiley & Sons	2 500	0
Devlin	1992	Wiley-Liss	5 000	0
Stryer	1975	Freeman	3 000	0
Stryer	1981	Freeman	4 000	0
Stryer	1988	Freeman	4 000	14
Stryer	1995	Freeman	4 000	9
Voet & Voet	1990	John Wiley & Sons	9 000	12
Voet & Voet	1995	John Wiley & Sons	10 000	13
Mathews & van Holde	1990	Benjamin Cummings	6 000	9
Horton et al.	1993	Prentice Hall	4 500	11
Moran et al.	1994	Prentice Hall	9 000	12
Zubay	1983	Addison Wesley	5 000	1
Zubay	1988	Macmillan	5 000	3
Zubay	1993	Wm. C. Brown	6 000	19
Zubay et al.	1995	Wm. C. Brown	7 000	2
Armstrong & Bennett	1979	Oxford University	2 500	0
Armstrong	1983	Oxford University	3 000	0
Armstrong	1989	Oxford University	4 000	0
Scheve	1984	Allyn and Bacon	3 000	0
Abeles et al.	1992	Jones and Bartlett	4 500	0
Garrett & Grisham	1995	Harcourt Brace	6 000	5
Wood et al.	1981	Benjamin Cummings	4 000	1
Conn & Stumpf	1976	John Wiley & Sons	2 500	0
Conn et al.	1987	John Wiley & Sons	2 500	1
Kuchel & Ralston	1988	McGraw-Hill	3 500	0
Gillbert	1992	McGraw-Hill	1 000	0

Bazı kitaplar öğrencilerin kafasına evrimci bir dünya görüşü sokmak için bütüncül bir çaba sergiler. Örneğin, Voet and Voet tarafından yayınlanan bir kitap, geleneksel duruşu anlatır, tamamı renkli ve hoş çizimler içermektedir.[110] Çizimin üstteki üçte birlik bölümünde hayatın nasıl başladığını anlatmak için bir volkan, aydınlık, bir okyanus ve küçük güneş ışınları çizilmiştir. Resmin ortasında belirli bir tarzda

[110] Voet, D., and Voet, J. G. (1995) Biochemistry, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, s. 19.

çizilmiş DNA molekülü vardır; yaşamın kaynağı olan okyanustan çıkıp yaşamın nasıl geliştiğini gösterir şekilde bir bakteri hücresinin içine girmektedir. Resmin en altı -şaka değil- Cennet'i andırmaktadır; hayali bir evrim sonucu ortaya çıkmış ve etrafta dolaşan hayvanlar tasvir edilmiştir. Kalabalığın içinde, her ikisi de parlak ve çekici çizilmiş bir kadın ve erkek vardır ve kadın, erkeğe bir elma sunmaktadır. Bu doğal olarak öğrencilerin ilgisini arttıracaktır ancak çizimler neticede hayalidir. Buradaki gizli anlam, evrimin sırlarının asla ortaya çıkarılamayacak olmasıdır.[111]

Öğrencilerin çoğu kitaplardan, dünyaya evrimci bir gözle bakmayı öğrenir. Bununla beraber, bu metinlerin ele aldığı olağanüstü karmaşık biyokimyasal sistemlerden herhangi birisinin Darwin'in evrim teorisine göre nasıl ortaya çıktığını öğrenmemektedirler.

NASIL BİLEBİLİRSİNİZ?

Ne söylediğimizi – biraz derin bir felsefi anlamda değil, pratik olarak, günlük yaşamda – bildiğimizi nasıl bilebiliriz? Günlerden bir gün birisine oturma odanızın yeşile boyalı olduğunu bildiğinizi, Philadelphia Eagles'ın Super Bowl'u kazanacağını, dünyanın güneş etrafında döndüğünü, demokrasinin en iyi yönetim şekli olduğunu, San Jose'ye giden yolu bildiğinizi söylersiniz. Kuşkusuz bu iddiaların hepsi, farklı bilme yöntemlerine dayanmaktadır. Bunlar nelerdir?

Bilmenin ilk yolu tabii ki kişisel tecrübedir. Odanızın yeşile boyalı olduğunu bilirsiniz, zira orada yaşar ve yeşil olduğunu görürsünüz (hayal kurduğunuz ya da deli olduğunuz ihtimallerini göz ardı ediyorum). Aynı şekilde kuşun neye benzediğini, yer çekiminin nasıl etki ettiğini ve en yakın alış veriş merkezine nasıl gidileceğini de tecrübe yolu ile bilirsiniz.

Bilmenin ikinci yolu otoritelerdir. Yani konuyla ilgili şahsi bir tecrübeniz yoksa, güvenilir olduğuna inandığınız bilgi kaynaklarına dayanırsınız. Bu durumda, çok az kişi bunu tespit etmenin yolunu söyleyebilse de, okula giden herkes dünyanın güneş etrafında döndüğünü

---

111 Voet and Voet'in yazdıkları standart bir Stanley Millervari yaşamın kaynağı senaryosunu yalanlamayla başlar. Onlara göre bu senaryoya yönelik bilimsel eleştiriler geçerlidir.

bilir. San Jose'ye giden yolu bilip bilmediğiniz sorulduğunda, evet cevabını verip elinize bir harita alıyorsanız yine otoritelere güveniyorsunuz demektir. San Jose'ye giderek haritanın güvenilirliğini kişisel olarak test etmiş olabilirsiniz, ancak o zamana kadar otoritelere güvenmek durumundasınız. Başka yönetim şekilleri altında yaşayanlar da dâhil çoğu kimse demokrasinin en iyi yönetim şekli olduğuna inanmaktadır. Bunu yaparken kitap ve siyasetçilere, belki de diğer toplumlarda nasıl olduğuna dair sözlü ya da resimli tanımlara dayanmaktadırlar. Tabii ki başka toplumlar da aynı şeyi yapar ve savunucuların çoğu otoritelere güvenir.

Peki Eagles'ın kupayı kazanacağını nasıl bilebilirsiniz? Belki sizi biraz zorlarsak, hiçbir spor yorumcusunun onların kazanacağına ihtimal vermediğini itiraf edersiniz ki bu durumda otoritelere dayanmıyorsunuz demektir. Daha da ötesi, oyuncuların bazıları bir Zen ustasından gizlice eğitim alıp yeteneklerini önemli derecede arttırdıkları gibi, ilk ağızdan bir duyum da almamışsınızdır. Düşüncenizin sebebi takımın geçen yılki orta ile kötü arasında değişen performansı da değildir. Sizi biraz daha zorlarsak uzak geçmişteki (1948, 1949 ve 1960'taki şampiyonluklar ile 1981'deki Super Bowl başarıları) başarılarından bahsedip sadece bu sene kazanacaklarını bildiğinizi söylersiniz. Yani aslında Eagles'ın bu sene başarılı olacağını söylediğinizde bu sadece sözlü bir temennidir. İddianız ne tecrübe ne de otoriteye dayanmaz, sadece uyduruyorsunuzdur.

Bilim adamları da insandır. O halde onların da söylediği şeyleri nasıl bilebildiklerini sorabiliriz. Onlar da diğer insanlar gibi ya bizzat kendi tecrübeleri ya da otoriteler sayesinde bilirler. 1950'de Watson ve Crick, DNA zincirini X-ışınlarına maruz bıraktıkları zaman bir kırılma gözlemlediler. Matematik bilgilerini de kullanarak DNA'nın bir çifte sarmal olduğuna karar verdiler. Bilgiye, kendi tecrübeleri ile ulaştılar. Bir lisans öğrencisi iken DNA'nın çifte sarmal olduğunu öğrendim, ancak hiçbir zaman deney yapmadım; otoritelere güvenmekteyim. Bütün bilim adamları neredeyse bilimsel bilgilerinin tamamında otoritelere dayanırlar. Bir bilim adamına kolesterolün yapısı, hemoglobinin görevleri ya da vitaminlerin rolü ile ilgili bilgiyi nasıl

öğrendiğini sorarsanız laboratuarda tuttuğu kayıtlardan daha çok, bilimsel literatürden bahsedecektir.

Bilimle ilgili hoş bir durum otoriteyi bulma kolaylığıdır: Kolaylıkla kütüphanelerden bulunabilir. Watson ve Crick'in DNA çalışması, *Nature*'da kolaylıkla bulunup okunabilir. Kolesterol ya da diğer maddelerin yapısı da öğrenilebilir. Yani eğer konuyla ilgili raporlar kütüphanede mevcut ise bilim otoritelerine dayanarak DNA ya da kolesterolün yapısını bildiğimizi söyleyebiliriz. Eğer James Watson ya da Presidential Science Comission DNA'nın taze peynirden yapıldığını söyleseydi, ancak bunu destekleyecek herhangi bir delil ortaya koymasalardı, DNA'nın peynirli olduğu inanışının bilimsel otoriteye dayandığını söyleyemezdik. Bilim otoritesi yayınlanmış çalışmalara itimat eder, kişilerin şahsi düşüncelerine değil. Ayrıca ilan edilmiş çalışmalar geçerli delilller içermelidir. Eğer Watson DNA'nın katı yapısı hakkında büyük oranda başka bir şeye dayanan açıklamalar yayınlayıp bunları destekleyecek hiçbir delil sunmasaydı, iddia bilim otoriteleri tarafından kabul görmeyecekti.

Moleküler evrim, bilim otoritelerine dayanmamaktadır. Bilim literatüründe herhangi bir gerçek, karmaşık biyokimyasal sistemin moleküler evrim sonucu nasıl oluştuğunu ya da en azından oluşmuş olabileceğini açıklayan hiçbir yayın – prestijli dergiler, bilim dergileri ya da kitaplar – yoktur. Böyle bir evrimin gerçekleşmiş olduğuna dair iddialar etrafta dolanmaktadır, ancak bu iddiaların hiçbiri ne geçerli deneyler ne de hesaplamalarla desteklenmemektedir. Hiç kimse moleküler evrim hakkında doğrudan tecrübeye dayalı bir bilgiye sahip olmadığı ve bilginin dayandırılacağı bir otorite de bulunmadığı için Darwinci moleküler evrim iddiasının – Eagles'ın bu sene kupayı alacağını söylemek gibi – sadece bir homurdanma olduğunu söylemek doğru olacaktır.

"Açıkla ya da yok ol" sözü, uzmanların dikkate aldıkları bir deyimdir. Eğer çalışmanızı değerlendirilmek üzere bilim dünyasına açıklamazsanız, akademide bir işiniz yok demektir (ve hâlihazırda öğrenci değilseniz kovulursunuz). Bu söz teoriler için de uygulanabilir. Eğer bir teori bazı fenomenleri getirme iddiasında olup bu iddiayı açıklamak için girişimde dahi bulunmuyorsa gündeme alınmamalıdır. Dizilimle-

rin karşılaştırılması ve matematik modellemeye rağmen, moleküler evrim teorisi karmaşık sistemlerin nasıl ortaya çıktığından hiçbir zaman bahsetmemiştir. Aslında Darwin'in moleküler evrim teorisi hiç yayınlanmamış olup, yok olmalıdır.

IX. BÖLÜM
AKILLI TASARIM

NELER OLUYOR?

Yaşamın bilimsel temelini açıklamada Darwin'in teorisinin yetersizliği, sadece bu kitaptaki analizlerle değil 8. bölümde görüldüğü gibi, profesyonel bilim literatüründe kompleks bir biyokimyasal sistemin nasıl üretileceğine dair ayrıntılı bir modelin olmayışıyla da anlaşılmaktadır. Modern biyokimyanın ortaya çıkardığı hücrenin inanılmaz karmaşıklığı karşısında bilim dünyası donakalmıştır. Harvard University ya da National Institutes of Health'dan hiç kimse National Academy of Sciences'in hiçbir üyesi, Nobel Ödülü sahibi hiçbir araştırmacı; hiç ama hiç kimse Sil, görme ya da kan pıhtılaşması veya herhangi bir karmaşık biyokimyasal prosesin, Darwin'in iddia ettiği şekilde nasıl gelişmiş olabileceğine dair bir açıklamada bulunmamıştır. Ancak biz buradayız, bitkiler ve hayvanlar da. Kompleks sistemler burada. Sorulması gereken soru şudur: Darwin yanılıyorsa doğrusu nedir?

Bir şey aşamalı bir şekilde biraraya gelmediyse, bu durumda çabucak hatta anında biraraya gelmiş olmalıdır. Eğer bir sisteme tek tek parçalar eklenmesiyle sistemin işlevi sürekli iyileşme göstermiyorsa, birden fazla parça eklenmelidir. Son yıllarda bilim adamları karmaşık

sistemlerin hızlı birleşmesi için iki senaryo önermişlerdir. Şimdi bunları inceleyelim ve daha sonra üçüncü bir alternatifi derinlemesine inceleyelim.

Aşamalı yaklaşıma ilk alternatif Lynn Margulis'ten gelmiştir. Darwin'in rekabet ve savaşa dayalı ilerleme görüşü yerine, iş birliği ve ortak yaşama dayalı ilerleme önermektedir. Ona göre organizmalar bir diğerine yardım edip güçlerini birleştirerek tek başlarına başaramadıkları şeyleri başarmaktadırlar. Henüz lisans öğrencisi iken hücre yapısındaki problemlerle ilgilenmek için bu fikri ortaya atmıştır. Margulis başlangıçta ilgi görüp zaman zaman alaya alınmasına rağmen, hücreyi oluşturan parçaların başlangıçta bağımsız yaşayan organizmalar olduğuna dair görüşü sonunda kıskanılacak derecede kabul görmüştür (daha sonra National Academy of Sceince'e seçilecek kadar beğeni toplamıştır).

Daha önce gördüğümüz gibi ökaryot hücreler, çok sayıda bağımsız bölmelere, son derece düzenli bir biçimde dağılmış, kompleks moleküler makinelerle ağzına kadar doludur. Bunlardan en büyüğü, 17. yüzyılın kaba mikroskoplarıyla bile görülebilen çekirdektir. 19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılda gelişmiş mikroskoplar icat edilmeden, daha küçük bölmeler keşfedilememiştir. Küçük bileşenlerden birisi de mitokondridir.

Belki de küçük bileşenlerin çoğunluğunu mitokondrilerin oluşturduğunu söylemeliyim: Tipik bir hücrede yaklaşık 2.000 tane bulunur ki, bu da hücre hacminin yaklaşık yüzde 20'si demektir. Bu küçük bölmelerin her biri besin maddelerinden enerji elde ederek kimyasal olarak kararlı ve kullanılabilir bir formda saklamak için gerekli mekanizmaları içermektedir. Bunu yapan mitokondri içindeki sistem oldukça karmaşıktır. Sistem makinelere güç vermek için bir asit akımı kullanır. Bu akım elektronlara altı taşıyıcı arasında mekik hareketi yaptırır. Bu işlemin gerçekleşmesi için çok sayıda bileşen arasında son derece hassas bir etkileşim gerekmektedir.

Mitokondriler, bazı bağımsız yaşayan bakterilerle aynı ebat ve şekillerdedir. Lynn Margulis, eski zamanlarda büyük bir hücrenin bir bakteri hücresi yuttuğunu ancak sindirmediğini öne sürmüştür. Bu iddiaya göre, her iki hücre de – iç içe yaşama – duruma uyum sağla-

mıştır. Küçük hücre büyük olandan besinleri almış ve kimyasal enerjiye çevirerek büyük hücrenin kullanımına sunmuştur. Büyük hücre çoğaldığı zaman küçük de onunla beraber çoğalmıştır. Küçük hücrenin soyu da ev sahibinin içinde kalmayı sürdürmüştür. Zaman geçtikçe simbiyoz (birlikte yaşayan) hücre bağımsız yaşayan hücrelerin ihtiyaç duyduğu sistemlerin çoğunu kaybetmiştir ve ev sahibi için enerji üretme konusunda çok ama çok ileri derecede uzmanlaşmıştır. Nihayetinde mitokondri haline gelmiştir.

Margulis'in bu iddiası karşısında yükselen kahkaha ve sırıtmalar, yeni sıralama tekniklerinin geliştirilmesiyle yavaş yavaş kayboldu. Bu teknikler sayesinde mitokondri proteinlerinin, içinde bulundukları hücreden çok bakterilerdeki proteinlere benzediği ortaya çıktı. Başka benzerlikler de tespit edilmişti. Daha da ötesi mitokondrinin simbiyotik bir kökene sahip olduğunu savunanlar, teorilerini desteklemek için çağdaş organizmalardaki simbiyotik hücrelere işaret ettiler. Örneğin bir at solucanının, asla yemek zorunda olmadığı için ağzı yoktur; kendisine fotosentez yoluyla enerji tedarik eden algler içermektedir. Bu kanıt parçaları iddiaya üstünlük getirdi. Margulis'in mitokondriyle ilgili senaryoyu içeren teorisi kitaplardaki yerini almıştı.

Margulis ve diğer bilim adamları son yirmi yılda, periyodik olarak diğer hücresel bölmelerin de simbiyoz sonucu olduğu tezini öne sürdüler. Bu iddialar o kadar fazla kabul görmedi. Yine de tartışmayı biraz daha sürdürmek için, Margulis'e ait birlikte yaşama düşüncesinin gerçekte tüm yaşam tarihi boyunca ortak bir olgu olduğunu varsayalım. Biz biyokimyacılar için önem taşıyan soru, simbiyozun karmaşık biyokimyasal sistemleri açıklayıp açıklayamayacağıdır.

Açıklayamayacağı görülmektedir. Birlikte yaşamın özü, *her ikisi de hâlihazırda işleyen* ayrı hücre ya da ayrı sistemlerin biraraya gelmesidir. Mitokondri senaryosunda önceden mevcut ve işlevsel bir hücre yine aynı şekilde var olan ve çalışan başka bir hücreyle birlikte yaşam ilişkisine girmektedir. Ne Margulis ne de bir başkası, önceden mevcut hücrelerin nasıl ortaya çıktığı hakkında detaylı bir açıklama önermemiştir. Simbiyotik mitokondri teorisinin savunucuları büyük hücreye giren küçük hücrenin besinden enerji elde etme yeteneğine ve ev sahibi

hücrenin de misafir için faydalı olacak kararlı bir iç ortamı sürdürme kabiliyetine zaten sahip olduğunu açıkça kabul etmektedirler.

Ortak yaşam, karmaşık ve zaten işlemekte olan sistemlerle başladığı için bu kitapta ele aldığımız temel biyokimyasal sistemleri açıklayamaz. Yeryüzündeki yaşamın gelişimini açıklamada simbiyoz teorisi faydalı olabilir, ancak karmaşık sistemlerin nihai kökenini açıklayamayacaktır.

Darwin'in aşamalı gelişim teorisine ikinci alternatif geçen yıllarda ortaya atılan ve Stuart Kauffman'ın savunuculuğunu yaptığı "Karmaşıklık Teorisi"dir. Kısaca Karmaşıklık Teorisi, sistemleri anında ve düzenli bir taslak ile kendilerini organize eden, çok sayıda ve birbirleriyle etkileşim halinde olan bileşenlerle açıklar. Bazen karmaşık sistemlerde farklı taslaklar olabilir ve sistemdeki "karışıklıklar" bir taslaktan başka bir taslağa geçilmesine sebep olabilir. Kauffman, prebiyotik çorbadaki kimyasalların kendilerini karmaşık metabolik yollarda organize ettiklerini öne sürmektedir. Ayrıca farklı hücre "tipleri" arasındaki geçişin de (bir organizmanın gelişiminin döllenmiş bir yumurta ile başlayıp akciğer hücreleri, deri hücreleri vs. üretimiyle devam edilmesi gibi) karmaşık bir sistemdeki karışıklık olduğunu iddia etmekte ve olayın kendini organize etme ile sonuçlandığını düşünmektedir.

Yukarıdaki açıklama biraz sisli görülebilir. Bunun sebeplerinden birisi şüphesiz benim çok güçlü olmayan tanımlama yeteneğimdir. Ancak en önemli neden, Karmaşıklık Teorisi bazı bilgisayar programlarının davranışını açıklama amacını taşıyan matematiksel bir konsept olarak başlaması ve taraftarlarının gerçek hayatla bağlantıyı bir türlü kuramamış olmasıdır. Savunucularına göre, tartışmanın esas üslubu daha ziyade herhangi bir bilgisayar programına dikkat çekip bilgisayarın biyolojik bir sisteme benzediğini ileri sürmekti. Örneğin Kauffman bazı bilgisayar programlarındaki değişikliklerle (mutasyon olarak düşünülen) ilgili olarak şunları yazmıştı:

Sistemin değişikliğe direnen tabiatı nedeniyle pek çok mutasyonun sonuçları önemsizdir. Bununla birlikte az sayıda mutasyon bir dizi önemli değişikliğin başlamasına neden olur. Buna göre dengeli sistemler tipik olarak kendilerini değişen ortama aşama aşama adapte edecek-

lerdir. Ancak bazen gerekli olduğu durumlarda değişim hızlı olacaktır. Bu özellikler organizmalarda gözlenmektedir.[112]

Diğer bir ifadeyle bir bilgisayar programında yapılacak küçük bir değişiklik, alınan sonuçta önemli değişimlere (ekrandaki noktaların yerleri gibi) neden olabilir. Buna göre belki DNA'daki küçük değişimler de aynı derecede biyolojik değişimlere sebep olmaktadır. Tartışma bundan daha ileriye götürülememektedir. Laboratuarına gidip de çok çeşitli kimyasalları bir deney tüpünde karıştırarak kendi kendini sürdürebilen metabolik bir yolun kendiliğinden ortaya çıktığını gören bir bilim adamı yoktur. Böyle bir denemede bulunsalardı yaşamın kaynağını araştıran ve benzer deneyler yapmış – ve kompleks karışımın tüpün kenarlarında bıraktığı çamur benzeri artıktan başka bir şey görmeyen – bulunan önceki bilim adamlarının hüsranla biten çalışmalarını tekrarlamış olacaklardı.

Kauffman konuyla ilgili kitabında, karmaşıklık teorisinin sadece yaşam ve metabolizmanın değil, aynı zamanda şekil, ekolojik ilişkiler, psikoloji, kültür şablonları ve ekonominin de kökenlerini açıklayabileceğini düşünüyordu.[113] Ancak karmaşıklığın belirsizliği ilk önceleri bu teoriyi savunan kişileri sessizliğe itmişti. *Scientific American* dergisi, bir dönem boyunca (bir tanesi Kauffman'a ait olmak üzere) dikkat çekici makaleler yayınlamıştı. Bununla birlikte 1998 yılı Haziran sayısının kapağında "Is Complexity a Sham" (Karmaşıklık Bir Yalan mı?) sorusu soruluyordu. O sayıda yer alan "From Comp exity to Perplexity" (Karmaşıklıktan Şaşkınlığa) başlıklı makalede şu ifadelere yer verilmişti:

Karmaşıklık çalışmalarının önemli bir alanı olan yapay yaşam, bir eleştiriye göre "gerçek olmayan bilim"dir. Ancak bilgisayar grafikleri oluşturmada üstünlüğü vardır.

Aslında karmaşıklığın bazı savunucuları, ekranda deniztarağı gibi biyolojik nesnelere benzeyen grafikler çizebilen kısa bilgisayar programları yapmaya büyük önem vermektedir. Bir deniztarağı yapmanın çok zor olmaması oldukça anlamlıdır. Ancak bir biyolog, ya da biyo-

---

112 Kauffman, S. A. (1991) "Antichaos and Adaptation", *Scientific American*, August, s. 82.
113 Kauffman, S. A. (1993) *The Origins of Order*, Oxford University Pres, Oxford, England.

kimyacı bilgisayarda çizilmiş bir deniztarağını açtığı zaman içinde bir inci görülüp görülemeyeceğini bilmek istemektedir. Görüntüyü yeterince büyütürseniz Siller, ribozomlar, mitokondriler, hücre içi taşıma sistemleri ve gerçek, canlı bir organizmanın ihtiyaç duyduğu diğer tüm sistemleri görebilecek misiniz? Cevap sorunun içinde gizlidir. Kauffman makalesinde "Yapay hayatın kimi zaman, bazen gerçek dünya ile – var olan her şey anlamında – bilgisayar oyunları, sanat ya da oyuncakları birbirinden ayıran çizginin nerede olduğunun unutulduğu bir noktaya sürüklendiğini" gözlemlemiştir. Artık daha fazla kişi bu çizginin sınırlarını daha erken fark etmektedir.

Yine de tartışmayı sürdürebilmek için karmaşıklık teorisinin yani kompleks karışımların kendilerini düzenlediklerini ve bunun hayatın kökeniyle bir ilgisi olduğunu doğru olduğunu varsayalım. Bu teori, kendisine atfedilen doğruluk çerçevesinde bu kitapta ele aldığımız karmaşık biyokimyasal sistemleri açıklayabilir mi? Bence açıklayamaz. Teoriye göre kompleks ve etkileşimli kimyasallardan oluşan karışımın yaşam gelişmeden önce ortaya çıkmış olması gerekmektedir (böyle olduğunu destekleyen hiçbir delil olmadığını tekrarlayalım) ancak hücre yaşamının nasıl başladığı hakkında bir şey söylememektedir. Hücre yaşamının özü düzenlemedir: Hücre hangi kimyasaldan hangi miktarda üreteceğini kontrol eder ve eğer bu olaylar kontrol dışına çıkarsa ölecektir. Kontrol ortam, kimyasallar arasında Kaufman'ın ihtiyaç duyduğu şekilde, (daima belirsiz) şansa bağlı etkileşimlerin gerçekleşmesine izin vermeyecektir. Yaşayabilecek bir hücre, kimyasalların dizginini sıkı tuttuğu için, yeni karmaşık metabolik yolların şansa bağlı olarak oluşmasını engelleme eğilimi gösterecektir.

Tartışmayı biraz daha ileriye götürüp hücrede (elektrik düğmeleri gibi) açılıp kapanan gen düzeninin, Stuart Kauffman'ın teorilerine göre hücre tipini değiştirdiğini varsayalım. (Farklı genler açılıp diğerleri kapanırsa farklı hücreler teşekkül edecektir. Örneğin, kırmızı kan hücrelerinde hemoglobin – dokulara oksijen taşıyan protein – genleri açık iken diğer genler kapalı konumdadır). Elimizde herhangi bir kanıt olmamasına rağmen, karmaşıklık teorisine göre bir hücrenin genlerinin açılarak kırmızı kan hücresine, diğer bir hücrenin de sinir hücresine dönüştüğünü kabul edelim. Yaşamın kökeni böylece açıkla-

nabilir mi? Hayır. Birlikte yaşam teorisi gibi, karmaşıklık teorisinin bu özelliği de önceden mevcut olan ve zaten işleyen sistemlere gerek duymaktadır. Eğer bir hücre, hemoglobin haricindeki neredeyse bütün genlerini kapatırsa kırmızı kan hücresine dönüşebilir. Başka bir hücre de bir dizi geni açarak sinir hücresine ait proteinler oluşturabilir. Ancak hiçbir ökaryot hücre, mevcut genlerini açarak hemen bir bakteri kamçısı yapamaz. Zira hücre içinde bu yolla etkileşecek proteinler mevcut değildir. Bir hücrenin bir kamçı yapabilmesi için ilgili yapının halihazırda DNA'da kodlanmış olması gerekmektedir. Aslında Kauffman, karmaşıklık teorisine göre böyle yeni ve karmaşık yapıların aniden üretilebileceğini asla iddia etmemektedir.

Yine de karmaşıklık teorisi matematiğe önemli katkılarda bulunmuştur ve kısmen de olsa biyokimyaya halen katkıda bulunabilir. Ancak hayata temel teşkil eden karmaşık biyokimyasal yapıları açıklayamamakta, hatta açıklamak için çalışmamaktadır.

TASARIMIN BELİRLENMESİ

Bir odada ezilerek dümdüz edilmiş bir ceset düşünün. Bir düzine dedektif, ellerinde büyüteçlerle yerde emekleyerek suçlu hakkında ipucu elde etmeye çalışırlar. Odanın ortasında, cesedin yanında büyük gri bir fil durmaktadır. Detektifler yerde emeklerken filin bacaklarına çarpmaktan, hatta bakmaktan bile kaçınmaktadırlar. Zaman geçtikçe ilerleme kaydedemeyen dedektifler sinirlenmeye başlar, ancak daha kararlı ve azimli bir biçimde yere daha yakından bakmaya başlarlar. Gördüğünüz gibi kitaplarda detektiflere "suçlu kişiyi bulun" denir. Dedektifler de asla fil ile ilgilenmez.

Yaşamın gelişmesini araştıran bilim adamlarıyla dolu bir odada bir fil vardır. Bu fil "akıllı tasarım" olarak nitelendirilmektedir. Araştırmasını akılsız sebeplerle kısıtlama zorunluluğu hissetmeyen birisinin ileride rastlayacağı sonuç, biyokimyasal sistemlerin büyük bölümünün tasarlanmış olduğudur. Onlar doğa kanunları, tesadüf ya da gereksinimler sonucu tasarlanmış da değildir. Daha ziyade bir planlamadan bahsedilmelidir. Tasarımcı, iş bitiminde sistemin neye benzeyeceğini biliyordu ve neticeye ulaşmak için atması gereken adımları buna göre

planladı. Yeryüzündeki yaşam en temel seviyede, en önemli bileşenlerle akıllı bir faaliyetin ürünüdür.

Akıllı tasarımın var olduğu sonucuna – dini kitaplar ya da mezhebi inançlardan değil – bizzat veriden yola çıkarak ulaşabiliriz. Biyokimyasal sistemlerin, akıllı bir varlık tarafından tasarlandığı sonucuna ulaşmak, yeni bir mantık ya da bilim ilkesi gerektirmeyen monoton bir süreçtir. Biyokimyanın son kırk yılda yaptığı yoğun çalışmalar ve günlük hayatta her gün rastladığımız tasarım örneklerinin incelenmesi yeterlidir. Yine de biyokimyasal sistemlerin tasarım neticesi ortaya çıkmış olması pek çok kişiyi etkilemektedir. Bunun için heyecanı biraz azaltmaya çalışacağım.

Tasarım nedir? Kısaca parçaların kullanışlı bir şekilde düzenlenmesidir. Bu geniş açıklama ile herhangi bir şeyin tasarlanmış olabileceğini görebiliriz. Güneşli bir sabah arabanızla işe gittiğinizi ve yol kenarında yanmakta olan bir araba gördüğünüzü varsayın. Ön tarafı ezilmiş ve etraf cam kırıklarıyla doludur. Arabadan yirmi fit uzakta hareketsiz bir biçimde yerde yatan birisi vardır. Hemen frene asılıp arabadan inerek kazazedenin yanına koşarsınız. Adamın bileklerini nabzını dinlemeye çalışırken, bir ağacın yanında tüm olan biteni mini bir kamera ile kaydeden genç birisini görürsünüz. Ambulans çağırması için ona seslenmenize o film çekmeye devam eder. Kazazedeye döndüğünüzde size gülümsediğini görürsünüz. Herhangi bir yara beresi olmayan aktör, size sosyal alanda çalışma yapan bir lisansüstü öğrencisi olduğunu ve sürücülerin tanımadıkları yaralılara yardım etme konusunda ne kadar istekli olduklarını araştırdığını söylemiştir. Şarlatan ayağa kalkıp yüzündeki sahte kanları temizlerken sırıtan yüzüne bakarsınız. Adamın yaptığı işte daha gerçekçi görünmesine yardım edip rahatladıktan sonra, kameraman ambulans çağırmak için koşarken siz de arabanıza geri dönersiniz.

Bu kaza tasarlanmıştı. Gerçek bir kaza süsü vermek üzere bir dizi parça düzenlenmişti. Ayrıca daha az dikkat çekici olaylar da tasarlanabilir: Bir restoranın portmantosundaki ceketler iş yeri sahibi tarafından siz gelmeden önce tasarlanmış olabilir. Otoban kenarındaki çöp ve teneke kutular, anlaşılması zor bir görüntü oluşturmak isteyen bir sanatçı tarafından yerleştirilmiş olabilir. Görünüşe göre insanların

karşılaşma ihtimali de büyük bir tasarımın sonucu olabilir (komplo teorilerine meraklı kişiler böyle tasarımlara bayılır). Çalıştığım üniversitenin kampusünde heykeller bulunmaktadır. Onları yol kenarında parçalanmış vaziyette görseydim, etrafa saçılmış metal parçalar olduklarını düşünürdüm; ancak heykellerin dizilişi de tasarlanmıştır.

Bu sonuçtan, her şeyin aslında tasarlanmış olabileceği sonucuna varabiliriz. Burada karşımıza bilimle ilgili bir sorun çıkmaktadır: Tasarımı emin bir biçimde nasıl tespit edebiliriz? İlk elden bilgi ya da görgü tanıklarının yokluğunda bir şeyin tasarlanmış olduğu sonucuna ulaşmak makul mudur? Ayrık fiziksel sistemlerde – eğer onları üretecek aşamalı bir yol mevcut değil ise – bir dizi parça birleşerek tek başına yaptıklarının ötesinde bir işlevi yerine getirmek üzere düzenlendiyse tasarım açıkça görülebilir.[114] İşlevi yerine getirmek için etkileşen parçaların özellikleri arttıkça tasarımdan daha fazla emin oluruz.

Bu durum farklı sistemlerdeki örneklerde kolayca görülebilir. Siz ve eşinizin bir Pazar akşamı, başka bir çifti, Scrabble oynamak üzere eve davet ettiğinizi düşünün. Oyun bittiğinde biraz ara vermek için odadan dışarı çıkıyorsunuz. Döndüğünüzde ise kutudaki harflerin bazılarının açık bazılarının kapalı olduğunu görüyorsunuz. "CİMRİ BİZİ YEMEĞE GÖTÜR" yazısını fark edene kadar hiçbir şey düşünmezsiniz. O anda ise bunun bir tasarım ürünü olduğunu anlarsınız. Rüzgâr, deprem ya da ev, tesadüf eseri gerçekleşen bir olay değildir. Sonucun tasarım eseri olduğu sonucuna ulaşmanızın sebebi, bir dizi farklı bileşenin (harfler) hiçbirinin, kendi başına yapamayacağı bir işlevi (mesaj) yerine getirmeleri için düzenli bir şekilde biraraya getirilmiş olmalarıdır. Ayrıca mesaj oldukça özeldir. Yani birkaç harfin ters çevrilmesi mesajı okunamaz hale getirebilir. Yine aynı sebepten bu mesajı oluşturacak aşamalı bir yol da mevcut değildir: Bir harf mesajın bir bölümü anlamına gelmez, birkaç harf de mesajın küçük bir kısmı anlamına gelmemektedir.

---

114 Yazı tura atma ya da fiziksel etkileşim olmayan başka sistemlerde tasarımın tespiti başka yollarla yapılır. Bkz. Dembski, W. (1996) *The Design Inference: Eliminating Chance Through Small Probabilities*, Ph. D. dissertation, University of Illiniois.

Kampüs civarında bulunan heykellerdeki tasarımı anlamam zor olsa da, başka sanat eserlerindeki tasarımı anlamak genellikle kolaydır. Örneğin, bahçıvanlar öğrenci merkezlerinin yakınındaki çiçekleri üniversitenin adını temsil edecek şekilde düzenlerler. Onları çalışırken görmemiş olsanız bile çiçeklerin bilinçli bir şekilde tasarlanmış olduğunu rahatlıkla söyleyebilirsiniz. Aynı sebepten ormanın derinliklerinde "LEHIGH" yazısını temsil eden çiçeklere rastladığınızda, bu şeklin akıllı tasarım ürünü olduğundan şüphe etmezsiniz.

Tasarımı en kolay akla getiren cisimler mekanik olanlardır. Bir hurdalıkta yürürken cıvata, vida, plastik ya da cam parçaları görürsünüz. Çoğu etrafa dağılmış, bazıları üst üste yığılmış, kimisi sıkıştırılmış durumdadır. Bakışlarınızın özellikle biraraya getirilmiş gibi görünen bir yığında sabitlendiğini varsayın. Yığından dışarıya uzanan bir çubuğu aldığınızda tüm yığını da beraberinde getirir. Çubuğu bastırdığınızda yavaşça öbür tarafa kayar ve kendisine eklenmiş bir zinciri çeker. Zincir de bir çubuğu döndüren üç dişliye bağlı başka bir dişliyi hareket ettirir. Bu yığının tesadüf eseri değil de tasarım ürünü (yani akıllı bir yol gösterici tarafından düzenli bir şekilde biraraya getirilmiş) olduğuna kanaat getirmek için yeterince sebebiniz vardır. Zira sistemin etkileşim halindeki bileşenleri bir iş gerçekleştirmek için son derece özelleşmişlerdir.

Tamamen doğal malzemeden yapılan sistemler de tasarım ürünü olabilir. Örneğin, ormanda arkadaşınızla beraber yürüdüğünüzü varsayalım. Bir anda arkadaşınız ağacın dalına bağlı bir sarmaşık tarafından ayağından asılı halde havada sallanmaya başlasın. Arkadaşınızı kurtardıktan sonra tuzağı yeniden kurmaya karar verdiniz. Sarmaşığın dal etrafına sarılarak gergin bir şekilde yere zaptedildiğini görürsünüz. Çatallı bir dal ile sağlam bir şekilde yere tutturulmuştur. Dal, yapraklarla gizlenmiş başka bir sarmaşığa bağlanmıştır. Eğer tetik işlevi gören bağ hareket ettirilirse, çatılı çubuk aşağı çekilecek, bu da yay görevi yapan sarmaşığı serbest bırakacaktır. Bu sarmaşığın sonucu ise, bir cismi yakalayıp yukarı çekmesi için ilmek şeklindedir. Tuzak tamamen doğal maddelerden yapılmış olsa da akıllı bir tasarım ürünü olduğu sonucuna varırsınız.

Çelikten bir çubuk gibi basit, yapay bir nesnenin tasarım ürünü olduğu sonucuna ulaşmak da genellikle önemlidir. Bu çubuğu bir çelik fabrikası civarında görürseniz tasarlanmış bir nesne olduğunu düşünürsünüz. Ancak bir uzay aracına binerek daha önce hiç keşfedilmemiş çorak bir gezegene gittiğinizi varsayın. Burada bir volkanın eteğinde düzinelerce metal silindirik çubuk görürseniz, bunun gezegen için doğal olan jeolojik proseslerin sonucu oluşup oluşmadığından emin olmak için daha fazla bilgiye ihtiyacınız vardır. Volkanın eteğinde gördüğünüz şeyler eğer fare kapanıysa, tasarımcıyı görmek için endişeyle sağa sola bakınırsınız.

Yapay olmayan bir nesnenin (örneğin ormanda sarmaşık ve çubuklardan yapılmış bir tuzak) tasarım ürünü olduğu ya da bir dizi yapay nesneden yapılmış bir sistemin tasarlandığı sonucuna varmak için sistemin saptanabilir bir işlevi olmalıdır. Ancak işlevin tanımlanması dikkat gerektiren bir iştir. Gelişmiş bir bilgisayar, kâğıtların uçmasını engelleyen bir ağırlık olarak kullanılabilir mi? Onun işlevi bu mudur? Karmaşık bir otomobili su akışını engelleyecek bir set olarak düşünebilir miyiz? Hayır. Tasarımı ele alırken, sistemin iç kompleksliğinin azami miktarına gerek duyan işleve bakmalıyız. Ancak ondan sonra parçaların işleve uygunluğunu tartışabiliriz.[115]

Bir sistemin işlevini belirleyen, sistemin iç mantığıdır: Tasarımcının sisteme uygulamak istediği amaç ile sistemin işlevinin aynı olması gerekmez. Bir fare kapanını ilk kez gören birisi, üreticinin onu fare yakalamak için yaptığını bilemeyebilir. Onu hırsızlara karşı ya da deprem uyarıcısı olarak (titreşimin kapanı çalıştırması kaydıyla) kullansa da gözlem yoluyla parçaların birbirleriyle nasıl etkileşim içinde olduklarını anlayabilir. Aynı şekilde bir çim biçme makinesi de vantilatör ya da tekne motoru olarak kullanılabilir.

KİM VAR ORADA?

Bir sistemin tasarım ürünü olduğu sonucuna ulaşmak için bir tasarımcının kim olduğunu bilmemiz şart değildir. Sistemin kendisini

---

115 Bu bir karar verme çağrısıdır. Özel bir fonksiyonun amaçlanan yegâne fonksiyon– hatta amaçlanan fonksiyon – olduğu ispat edilemez. Ancak eldeki kanıt ikna edici olabilir.

inceleyerek, tasarlandığına karar verebiliriz. Ayrıca tasarım konusundaki kanaatimiz tasarımcının kimliği hakkındaki düşüncelerimizden daha güçlüdür. Yukarıdaki birkaç örnekte tasarımcının kim olduğu belli değildir. Hurdalıktaki sistem ya da ormandaki sarmaşık tuzağını kimin yaptığı ya da niçin yapıldığı hakkında bir fikrimiz yoktur. Buna rağmen, bağımsız parçaların belirli bir amaca hizmet edecek şekilde biraraya getirilmesinden, hepsinin tasarlanmış olduğunu biliyoruz.

Tasarımcının çok uzak olduğu durumlarda bile, tasarımdan yüksek bir dereceyle emin olabiliriz. Kayıp bir şehirde kazı yapan arkeologlar, yerin metrelerce altına gömülü durumda bulunan ve üzerlerinde kedi, deve ve ejderha resimleri olan kare şeklindeki taşlara rastlayabilirler. Buldukları tek şey bu taşlar olmasına rağmen, tasarımdan şüphe etmeyeceklerdir. Ancak konuyu daha da ileriye götürebiliriz. *2001: A Space Odyssey* filmini seyrettiğimde gençtim. Gerçeği söylemek gerekirse filme fazla dikkat etmedim. Filmden pek de bir şey anlamadım. Film, sopalarla kavga eden maymunlarla başladı; da sonra konu, katil bir bilgisayar ve uçuş sahnesine geçti. En sonunda da içeceği döken bir adam ve henüz doğmamış bir çocuğun uzayda gezinmesi sahnesi ile sona erdi. Filmin derin anlamlar taşıdığına eminim, ancak bizim gibi bilimle uğraşan kimseler, sanat eserlerini kolay anlayamazlar.

Ancak sahnelerden birisini kolayca anlamıştım. İlk uzay uçuşu ayın üzerinde sona ermişti ve bir astronot keşfe çıkmıştı. Etrafta gezinirken aydan gökyüzüne uzanan ve iyi şekillendirilmiş bir dikilitaşla karşılaşmıştı. Ben, astronot ve izleyicilerin tamamı hiçbir söze gerek kalmadan bu dikilitaşın tasarlanmış bir nesne olduğunu, onu akıllı bir varlığın aya giderek oluşturduğunu anlamıştık. Filmin daha sonraki sahnelerinde Jüpiter gezegenindeki yaratıklar gösteriliyordu, ancak dikilitaşla bir ilgileri olup olmadığı hakkında bir belirti yoktu. Nesnenin kendisinden öğrendiğimiz tek şey onun uzay yaratıkları, melekler, uçmayı başarabilen ve geçmişte ayı ziyaret etmiş insanlar (Ruslar ya da kayıp Atlantis medeniyetinin sakinleri) ya da başka bir astronot tarafından (şaka yapmak amacıyla diğer astronotun bulabileceği bir yere dikilerek) tasarlanmış olabileceğiydi. Olay yukarıda anlatılan senaryolardan birine uygun şekilde gerçekleşmiş olsaydı, seyirciler dikilitaşın

ortaya çıkmasında bir çelişki görmeyecekti. Ancak filmde dikilitaşın tasarım ürünü olmadığında ısrar edilseydi, filmin sonuna kadar seyircilerin itirazı sürerdi.

Tasarımcının kimliği hakkında herhangi bir bilgi olmadan bir şeyin tasarlanmış olduğu sonucuna kolaylıkla varılabilir. Yöntem gereği, tasarımcı hakkında sorulara başlamadan önce tasarım kavranmalıdır. Bir şeyin tasarım ürünü olduğu düşüncesi, tasarımcı hakkında hiçbir şey bilinmese de, bu dünyada olabilecek en açık şekliyle kavranabilir.

KENARDA

Rushmore Dağı'nın tasarlanmış olduğu herhangi biri tarafından söylenebilir. Ancak Siyam kralının da sıkça söylediği gibi bu da geçicidir. Zaman geçtikçe, yağmurlar yağıp rüzgârlar estikçe Rushmore Dağı da şekil değiştirecektir. Bin yıl sonra dağın yakınından geçen insanlar kayalardaki yüzlerin basit ipuçlarından başka bir şey göremeyeceklerdir. Rushmore Dağı'nın tasarlanmış olduğu sonucuna varan birileri çıkabilir mi? Değişir. Tasarıma kanaat getirmek için bir amacı gerçekleştirmek üzere düzenlenmiş ayrı parçaların tanımlanması gerekir ve kanaatin ne kadar doğru olduğunu ölçmek kolay değildir. Aşınmış bir Rushmore Dağı'nın gelecekteki arkeologlara ipucu vermesi için her biri başka bir başkana ait bir kulak, burun, alt dudak, belki çenelere ait izlerin anlaşılabilir durumda olması gereklidir.

Aydaki bazı şekiller insan yüzüne benzeyebilir. Karanlık bölgelerin gözler ve ağzı oluşturduğu düşünülebilir. Bu şekil farazi olarak belki de uzaylılarca tasarlanmıştır; ancak parçaların sayı ve özellikleri, şekle atfedilen amacın gerçekten hedeflenip hedeflenmediğine karar vermek için yeterli değildir. İtalya bir çizmeye benzemesi amacıyla tasarlanmış olabilir, olmayabilir de. Kesin bir sonuca ulaşmak için yeterli veri yoktur. *National Enquirer* Mars yüzeyinde görülen insan yüzüne benzeyen şekil hakkında bir hikâye yayınlamıştı. Yine de benzerlik çok azdı. Diğer bütün durumlarda olduğu gibi böyle bir durumda da şeklin tasarlanmış olabileceğini söyleyebiliriz. Ancak doğru olmayabilir.

Sistemi oluşturmak üzere biraraya gelen parçaların sayı ve kalitesi arttıkça tasarımdan daha fazla emin olabiliriz. Birkaç yıl önce

Tennessee'de yaşayan bir bayanın buzdolabında Elvis'e benzeyen bir küf yığını oluştuğu haberleri çıkmıştı. Burada da hafif bir benzerlikten söz ediyoruz. Ancak bu sefer benzerliğin gerçekten yüksek olduğunu varsayalım. Görüntünün sadece siyah küften oluşmadığını düşünelim. Ayrıca kırmızı tabakalar oluşturan bir bakteri olan *Serratia marcescens* de olsun. Parlak beyaz *saccharomyces cerevisiae* kolonileri de görüntüde yer alsın. Yeşil renk *Pseudomonas aeruginosa*, mor renk *Chromobacterium violaceum* ve sarı renk de *Staphylococcus aureus* tarafından sağlansın. Yeşil mikroorganizmaların Elvis'in pantolonunu, mor bakterilerin de gömleğini oluşturduğunu düşünelim. Çok küçük kırmızı ve beyaz bakteri noktalarının da ten rengini oluşturduğunu varsayalım.

Aslında buzdolabındaki bakteri ve küfün oluşturduğu şeklin çeşitli yerlerde gördüğümüz posterlerdeki Elvis görüntüsüne çok benzediğini düşünelim. Bu durumda tasarım olduğuna kanaat edebilir miyiz? Evet. Posterlerin tasarlandığına ne kadar emin isek, burada da o kadar emin olabiliriz.

Eğer aydaki adamın sakalı, kulakları, gözlüğü ve kaşları olsaydı tasarlandığından emin olabilirdik. İtalya'nın delik ve bağcıkları olsaydı ve Sicilya da, renkli şeritler ile logoya sahip bir top şeklinde olsaydı tasarlandıklarını düşünebilirdik. Etkileşimli bir sistemin parçalarının sayısı ya da kalitesi arttıkça, tasarım konusundaki kararımız da kesinlik kazanacaktır. Bu şeyleri ölçmek zordur.[116] Ancak yukarıda bahsettiğimiz ayrıntılara sahip, bakterilerden oluşan bir Elvis'in tasarlanmış olduğunu söylemek kolaydır.

BİYOKİMYASAL TASARIM

Elvis posterleri, fare kapanı ya da Scrabble oyununda tasarımı görmek kolaydır. Ancak biyokimyasal sistemler cansız nesneler değildir. Canlı organizmaları oluşturan parçalardır. Canlı bir biyokimyasal

[116] Tasarımı ölçmek zor olsa da imkânsız değildir ve araştırmaların geleceği bu yöndedir. Mükemmel bir başlangıç Bill Dembski'nin (Dembski, 1996) tezinde bulunabilir. Bu tezde bir sistemin "olasılıksal kaynakları" adını verdiği bir yöntemle tasarımı belirlemeye çalışmıştır.

sistem, akıllı tasarımın ürünü olabilir mi? Kısa bir süre öncesine kadar canlıları oluşturan bileşenlerin cansızları oluşturan bileşenlerden farklı, özel bir madde olduğu düşünülüyordu. Freidrich Wöhler bu fikri çürütmüştür. Canlılardaki kompleksli̇k, tesadüf mantığını bozguna uğratmıştır. Bununla birlikte son yıllarda biyokimya alanında kaydedilen ilerlemeler sonunda, bilim adamlarının canlı organizmalarda basit değişiklikler tasarlamaları mümkün olabilmiştir. Şimdi biyokimyasal tasarımla ilgili birkaç örneği inceleyelim.

1) - DCGKPQVEPKKC **PGRV**VGGCVAHPHSWPWQ

2) - DCGKPQVEPKKC - - VGGCVAHPSWPWQ

-TTKIKPRI-

3) - DCGKPQVEPKKC - - VGGCVAHPSWPWQ

4) - DCGKPQVEPKKC**TTKIKPRI**VGGCVAHPSWPWQ

Şekil 9-1 (1) Plazminojen geni yalıtılır. (Şekilde DNA değil amino asitlerin gen kodları gösterilmiştir.) (2) Aktivasyon sırasında yavaşça kesilen protein bölgesini kodlayan gen bölgesi çıkartılır. (3) Trombin tarafından hızlıca koparılan bir protein bölgesini kodlayan başka bir gen, plazminojen genine eklenir. (4) Şimdi elimizde tasarlanmış melez bir gen vardır. Bu gen hücreye yerleştirilirse trombin tarafından hızlıca aktifleştirilecek bir plazminojen üretilecektir.

Kan pıhtılaşma sistemi yanlış çalışırsa, inatçı bir pıhtı kalpteki kan akışını durdurarak hayatı tehlikeye atacaktır. Mevcut tedavi yöntemi, doğal yollardan oluşmuş bir proteinin enjekte edilerek, pıhtının çözülmesinde hastaya yardım edilmesini öngörmektedir. Ancak doğal proteinin de bazı handikapları vardır. Bu yüzden yenilikçi araştırmacılar daha iyi çalışan bir protein elde etmek için, laboratuarları çalışmalar

yapmaktadırlar.[117] İzlenen strateji Şekil 9-1'de özetlenmiştir. Kan pıhtılaşma sistemindeki proteinlerin çoğu, başka faktörler aktif hale getirilir. Bu faktörler aktif olmayan proteinden bir parça koparark onu aktifleştirir. Bununla birlikte aktifleştirici faktör sadece koparılan parçayı hedefler, başkasını değil. Kan pıhtısını çözen plazminin öncülü olan plazminojen, kan pıhtısı oluştuktan ve yara iyileşmeye başladıktan sonra, oldukça yavaş koparılan bir parçayı hedefler. Ancak kalp krizi geçiren bir hastaya yardım etmek için kan pıhtısının hızlıca çözülmesi gerekir ve pıhtının kan dolaşımını engellediği yerde acil olarak plazmin gerekmektedir.

Plazminin doğru yerde hemen oluşturulabilmesi için plazminojen geni araştırmacılar tarafından yalıtılmış ve değiştirilmiştir. Proteini aktifleştirmek için kesilen bölgeye ait kodu taşıyan gen parçası değiştirilmiştir. Onun yerine, kan pıhtılaşma yolunun trombin tarafından hızlıca koparılan başka bir bileşenine (plazma tromboplastin önceli ya da PTA) ait bir gen parçası yerleştirilmiştir. Düşünce şudur: Trombin tarafından kesilecek parçayı taşıyan yapay plazminojen, pıhtının yakınlarında bir yerde çabucak kesilerek aktifleştirilecektir. Zira pıhtı bölgesinde trombin mevcuttur. Ancak hemen faaliyeti başlatan madde PTA değil plazmindir. Böyle bir proteinin kalp krizi geçiren bir hastaya hemen enjekte edilmesi durumunda en az zararla krizi atlatması beklenmektedir.

Yeni protein, akıllı tasarım ürünüdür. Kan pıhtılaşma sisteminin nasıl çalıştığını bilen birisi, masa başında plazminin pıhtı çözücü özelliği ile trombin tarafından kesilen proteinlerin hızlı faaliyete geçme özelliğini biraraya getirerek, birleştiren bir protein oluşturacak bir yol haritası tasarlayabilir. Tasarımcı, çalışmanın sonunda ne elde edilmesi gerektiğini bilmektedir ve bu hedefe varmak için çalışmaktadır. Plan yapıldıktan sonra tasarımcı (ya da öğrencisi) laboratuara giderek, planı hayata geçirecek adımları gerçekleştirmeye başlar. Sonuçta, dünyada hiç kimsenin daha önce görmediği yeni bir protein ortaya çıkmıştır. Bu

---

[117] Dawson, K. M., Cook, A., Devine, J. M., Edwards, R. M., Hunter, M. G., Raper, R. H., and Roberts, G. (1994) "Plasminogen Mutants Activated by Thrombin", *Journal of Biological Chemistry, 269*, 15989-15992.

protein tasarımcının istediği şekilde davranacaktır. Biyokimyasal sistemler de aslında tasarlanabilir.

Günümüzde, biyokimyasal sistemlerin akıllı tasarımı oldukça sıradan bir olaydır. Diyabet hastalarına zor temin edilen insan insülinini sağlamak için, araştırmacılar on yıl kadar önce insandaki insülin genini izole etmişlerdir. Bu gen, bakteri hücresinde varlığını sürdürebilen bir parça DNA'ya yerleştirilmiştir. Bakterinin iç mekanizması izole edilmiş ve tedavi amacıyla kullanılabilecek insan insülini üretmeye başlamıştır. Bazı laboratuarlarda, daha gelişmiş organizmaların hücrelerine değiştirilmiş DNA enjekte edilerek, o organizmalar modifiye edilmektedir. Donma ya da zararlı böceklere karşı dayanıklı bitkiler bir süredir mevcuttur. Yapılan çalışmalarla ineklerin daha fazla protein içeren süt vermesi mümkün olabilmiştir.

Yukarıda söz edilen sistemler, biyokimyasal tasarım örneği olmasına rağmen, bu sistemlerde tasarımcının yaptığı şey doğada zaten mevcut olan parçaları yeniden düzenlemekten başka bir şey değildir. Ya da yeni bir sistemin sıfırdan oluşturulmadığı da söylenebilir. Bu doğrudur, ancak uzun süre doğru kalacak gibi görünmemektedir. Bilim adamları bugünlerde, proteinlerin kendi özel faaliyetlerini kazandıran şeyi keşfetmeye çalışmaktadırlar. İlerleme yavaş olsa da istikrarlıdır. Sıfırdan başlanılarak yeni amaçlar için özel proteinler üretilmesi çok uzun zaman almayacaktır. Yaşamın faaliyetlerini taklit edecek biyokimyasal sistemlerin, organik kimya üzerine çalışan bilim adamlarınca üretilmekte oluşu daha da etkileyicidir. Popüler basın bu konuyu "yapay yaşam" olarak gündeme getirmektedir. Bu ifade, dergi ve gazetelerin tirajını arttırmak için yapılan bir abartı olsa da, yapılan çalışmalar akıllı bir tasarımcının canlı sistemlerde var olduğu bilinen biyokimyasal maddeleri kullanmadan, biyokimyasal benzeri özellikler gösteren bir sistem tasarlayabildiğini ortaya koymuştur.

Son yıllarda bilim adamları, varyasyon ilkelerini, mutasyon ve seleksiyonu kullanarak yeni biyokimyasal maddeler tasarlamaya da başlamışlardır.[118] Düşünce basittir: Çok sayıda farklı DNA ya da RNA

---

118 Gold, L., Polisky, B., Uhlenbeck, O. & Yarus, M. (1995) "Diversity of Oligonucleotide Functions", *Annual Review of Biochemistry 64*, 763-797.

parçalarını kimyasal olarak oluştur, daha sonra vitamin ya da proteinle bağ yapma gibi tasarımcının istediği özelliklere sahip olanları ayır. Bu, vitamin ya da proteinin bağlı olduğu katı partikülleri, DNA ya da RNA parçacıkları içeren bir solüsyonla karıştırıp, daha sonra solüsyonun uzaklaştırılmasıyla gerçekleştirilir. Vitamin, ya da proteine bağlanan DNA ya da RNA parçaları katı maddeye bağlı kalmayı sürdürür. Bağlı olmayan tüm parçalar ise uzaklaştırılır. Doğru parçaların seçilmesiyle deneyi yapan şahıs, bu parçaların kopyalarını yapmak için enzim kullanır. Bu alanda öncülerden olan Gerald Joyce, bu süreci seçimli üremeye benzetmektedir: "Eğer birisi daha kırmızı bir gül ya da tüyleri daha kabarık bir İran kedisi isterse, depo veya dükkândan istediği özellikleri en iyi temsil eden ürünü alacaktır. Buna göre, bir molekülün belirli bir kimyasal özelliğe sahip olması isteniyorsa moleküllerin içinden benzer bir seçim yapılacaktır".[119] Söz konusu metot, seçimli üreme gibi avantajları kullanmakla beraber, bazı kısıtlamalar mevcuttur. Basit biyokimyasal faaliyetler gerçekleştirilse de bu kitapta anılan karmaşık sistemlerin üretilmesi söz konusu değildir.

Bu teknik, pek çok yönden 7. bölümde ele aldığımız antikorların klon seçim tekniğine benzemektedir. Aslında başka bilim adamları da hemen hemen bütün mokeküllere karşı antikor üretmek için bağışıklık sisteminin sahip olduğu yeteneklerden faydalanmaktadır. Bilim adamları bir hayvana bir molekül (örneğin uyuşturucu) enjekte ederler ve vücudun ürettiği antikorları izole ederler. Böylece antikorlar klinik ya da ticari amaçlarla moleküllerin tespit edilmesinde belirteç olarak kullanılabilir. Bazı durumlarda basit enzimler gibi davranan antikorlar da ("abzim" olarak adlandırılır.) üretilebilir.[120] Gerek DNA ve RNA, gerekse antikor alanındaki çalışmalar, gelecek yıllarda pek çok endüstriyel çalışmanın yapılacağını haber vermektedir.

Biyokimyasal sistemlerin akıllı tasarımcılar tarafından belirli amaçlar için tasarlanabileceği gerçeği, Richard Dawkins tarafından bile kabul edilmektedir. Dawkins en son kitabında, ünlü bir bilim adamının saldırgan bir politika izleyen şeytani bir devlet tarafından kaçırıla-

---

119 Joyce, G. F. (1992) "Directed Molecular Evolution", *Scientific American*, December, s. 90.
120 Benkovic, S. J. (1992) "Catalytic Antibodies", *Annual Review of Biochemistry 61*, 29-54.

rak, biyolojik silahlar üzerinde çalışmaya zorlandığı bir öykü anlatır.[121] Bilim adamı, nezle virüsündeki DNA'ya, yardım istediğini anlatan mesajı kodlar. Kendisine bu değiştirilmiş virüsü bulaştırır ve kalabalık bir yerde hapşırır. Sonra sabırla virüsün tüm dünyaya yayılmasını bekler. Bilim adamlarının salgınla uğraşması esnasında gönderdiği şifreli mesajın da çözüleceğinden emindir. Dawkins, biyokimyasal sistemlerin tasarlanabileceğine ve tasarım hakkında hiçbir şey duymamış ya da görmemiş insanların bile onu tespit edebileceğine katılmaktadır. Biyokimyasal bir sistemdeki tasarım, eldeki kanıtlarla görülecek kadar açıktır.

Dikkate almamız gereken şeylerden birisi de doğanın kanunlarıdır. Doğa kanunları maddeyi organize edebilir. Akarsuların çamuru biriktirerek bir baraj oluşturması ve sonuçta akarsuyun yatak değiştirmesi buna örnek olarak verilebilir. Eğer biyolojik bir yapı, bu doğa kanunlarına göre açıklanabilirse onun yine farklı bir tasarım ürünü olduğu sonucuna varabiliriz. Ancak bu kitapta pek çok biyokimyasal sistemin neden mutasyona dayalı doğal seleksiyon ile açıklanamayacağını gösterdim: Bu eksiltilemez karmaşık sistemleri oluşturan doğrudan ve aşamalı bir yol yoktur, ayrıca kimyanın kanunları AMP gibi molekülleri üreten biyokimyasal sistemlerin bir denetim mekanizması olmadan oluşamayacağını göstermektedir. Aşamalı gelişim teorisine karşı geliştirilen birlikte yaşam ya da karmaşıklık gibi "akıl"sız teoriler de, yaşamın temel biyokimyasal makinelerini açıklayamamakta, hatta açıklamaya çalışmamaktadır. Yaşama özgü doğa kanunları biyolojik bir sistemi açıklayamıyorsa, tasarımla ilgili kriterler cansız nesnelerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerle aynı olacaktır. Mantıklı bir düşünceyle Darwinciliği imkânsız hale getiren eksiltilemez karmaşıklıkta sihirli bir şey yoktur. Ancak, yapıların karmaşıklığı ve bileşenlerin birbirine bağımlılığı arttıkça, kademeli evrim düşüncesinin önündeki engeller de artmaktadır.

Biyokimyasal karmaşıklığı açıklayabilecek henüz keşfedilmemiş doğal bir proses olabilir mi? Bu ihtimali reddetmek aptallık olacaktır. Yine de böyle bir proses varsa bile nasıl çalıştığı hakkında söyleyebili-

---

[121] Dawkins, R. (1995) River Out of Eden, Basic Boks, New York, s. 17-18.

riz. Ayrıca böyle bir iddia, bir bilgisayarın doğal yollarla ortaya çıkabileceğini öne sürmek gibi tüm insanlık tecrübelerini karşısına alacaktır. Böyle bir prosesin olmadığı sonucuna varmak, kulağa bilimsel açıdan zihinsel telepatinin olmadığı ya da Göl Canavarının mevcut olmadığı sonucuna varmak gibi gelebilir. Biyokimyasal tasarım için ortaya koyduğumuz güçlü deliller karşısında bir hayaletin hatırına bu kanıtları yok saymak bir dedektifin kocaman bir fili görmemesi anlamına gelmektedir.

Bu öncü sorularla yolumuzu açtıktan sonra, 3. bölümden 6. bölüme kadar ele aldığımız biyokimyasal sistemlerin akıllı bir tasarımcının ürünü olduğu sonucuna varabiliriz. Bir fare kapanı, Rushmore Dağı ya da Elvis posterlerinin tasarlandığına ne kadar eminsek, bu sistemlerin de tasarlanmış olduğuna o kadar emin olabiliriz. Bu sistemlerdeki tasarım, aydaki insan yüzü ya da İtalya yarımadası gibi şüphe uyandırıcı da değildir. Siller ya da hücre içi taşıma gibi sistemlerin tasarımından emin olmamız için gerekli şartlar, başka herhangi bir şeyin tasarımından emin olmamız için gereken şartlar ile aynıdır: Tanımlanabilir bir işlevi gerçekleştirmek için düzenlenmiş bağımsız parçalar ve aynı zamanda işlevin bu parçalara son derece bağımlı olması.

Silin işlevi, motor gücüyle çalışan bir pervanenin görevini yerine getirmektir. Mikrotüpler, neksin bağları ve motor proteinlerin hepsi bu işlevin yerine getirilmesi için özel bir şekilde düzenlenerek biraraya getirilmelidir. Her biri diğerlerini tanımalı ve onlarla etkileşim içinde olmalıdır. Bileşenlerden biri olmazsa sistem çalışmayacaktır. Ayrıca sistemin düzgün çalışması için adı geçen bileşenlerden başka pek çok faktör gereklidir: Sil doğru yerde konumlanmış olmalıdır, doğru yönlendirilmelidir ve hücrenin ihtiyacına göre çalışıp durabilmelidir.

Kanın pıhtılaşma sistemi güçlü, ancak geçici bir engel oluşturmaktır. Sistemin bileşenleri buna göre düzenlenmiştir. Fibrinojen, plazminojen, trombin, protein C, Christmas faktörü ve diğer bileşenler tek başlarına yapamayacakları bir görevi yerine getirmek üzere biraraya gelmişlerdir. K vitamini ya da antihemofilik faktör olmazsa, tıpkı bir bileşeni eksik Rube Goldberg makinesi gibi, sistem çalışmayacaktır. Her bir bileşen bir diğerinden özel bir parça koparmaktadır. Özel bir görevi gerçekleştirmek üzere özel bir yapı oluşturmuşlardır.

Hücre içi taşıma sistemi bir yerden bir yere kargo taşır. Bunun için paketler etiketlenmeli, güzergâh bilinmeli ve araçlar uygun şekilde donatılmalıdır. Kapalı bir bölmeden yine kapalı başka bir bölmeye taşıma yapan mekanizmalar yerinde olmalıdır. Sistemin çalışmaması durumunda bir bölmede fazlalık, diğerinde ise kıtlık yaşanacaktır. Bir enzim bir bölgede çok gerekli iken başka bir bölgede çok zararlı olabilir.

Burada ele aldığım diğer biyokimyasal sistemlerin işlevleri kolaylıkla tanımlanabilir ve parçaları da sayılabilir. İşlev, parçaların karmaşık etkileşimine sıkı sıkıya bağlı olduğu için sistemlerin, fare kapanında olduğu gibi, tasarlandığı sonucuna varabiliriz.

Şu anda dünyanın çeşitli yerlerindeki laboratuarlarda yapılan tasarım çalışmaları – trombin tarafından koparılan yeni bir plazminojen, sütündeki hormon miktarı yüksek bir inek ya da insan insülini salgılayan bir bakteri planlamak için gerekli faaliyetler – kanın pıhtılaşma sisteminin öncelini tasarlamaya benzemektedir. Lisansüstü öğrencilerinin laboratuar ortamında yeni bir şey yapmak için gen parçalarını titizlikle biraraya getirme çalışmaları, ilk Sillerin üretilmesine neden olan çalışmalara benzemektedir.

AYRIMLARI YAPABİLMEK

Bazı biyokimyasal sistemlerin tasarlandığına kanaat getirsek de tüm hücre içi sistemlerde tasarım kolayca görülmeyebilir. Ayrıca bazı sistemler tasarlanmış olmalarına rağmen bunun ispatı zor olabilir. Elvis, görüntüsü net iken, gitarı olduğu sanılan şekil belirsiz olabilir. Sildeki tasarımın tespiti çok kolaydır, ancak başka bir sistemdeki tasarım ya anlaşılabilirlik sınırında ya da sınırın arkasında kalmış olabilir. Hücre içindeki sistemler, tasarımı kolayca görünenden hiç görünmeyene kadar geniş bir yelpazede dizilebilir. Herhangi bir şeyin tasarlanmış olabileceğini akıldan çıkarmadan tasarımın görülmesinin zor olduğu sistemleri inceleyelim.

Yaşamın temeli hücredir. Hücrenin varlığını destekleyen biyokimyasal prosesler ile dış ortam birbirinden ayrılmış durumdadır. Hücreyi çevreleyen yapıya hücre zarı adı verilir. Hücre zarını oluşturan moleküllerin büyük bölümü bulaşık ve çamaşırlarımızı yıkadığımız

deterjana kimyasal olarak benzemektedir. Zarda kullanılan deterjan benzeri moleküller hücreden hücreye değişmektedir: Bazıları kısa bazıları uzundur, bazıları gevşek bazıları sıkıdır, bazıları pozitif bazıları negatif yüklüyken kimisi de nötrdür. Çoğu hücrenin zarında birden çok molekül çeşidinin karışımı bulunur ve farklı hücre çeşitleri için karışım da farklı olabilir.

Deterjan molekülleri suyla karşılaşınca biraraya gelme eğilimi gösterir. Makinede çamaşır yıkanırken etrafa saçılan baloncuklar buna güzel bir örnektir. Baloncuklar moleküllerin yan yana dizildiği çok ince bir deterjan (ve biraz su) tabakasından oluşur. Yüzey basıncı olarak adlandırılan bir fiziksel güç nedeniyle şekilleri küreseldir. Böylece baloncuk deterjana yetecek en küçük alana sahip olur. Hücre zarının moleküllerini alıp diğer bileşenleri uzaklaştırdıktan sonra suda çözerseniz, genellikle kapalı bir küre şeklini alacaklardır.

Baloncuktaki moleküllerin kendilerinden sorumlu olduğu, gelişigüzel toplandığı ve zarın özel bir bağımsız moleküle ihtiyacı olmadığı için hücre zarı hakkında akıllı tasarım düşüncesine ulaşmak zordur. Taş duvardaki taşlar gibi, bileşenlerin her biri, kolayca bir diğeriyle değiştirilebilir. Buzdolabımdaki küf gibi burada da tasarımın tespit edilmesi çok zordur.

Ya da hemoglobini ele alalım. Bu protein ciğerlerden dokulara oksijen taşıyan kırmızı kan hücrelerinde bulunur. Hemoglobin birbirine yapışık dört ayrı molekülden oluşur ve bu moleküllerin her biri oksijenle bağ yapabilir. Moleküller ikişer ikişer birbirinin aynısıdır. Hemoglobinin dört molekülünün birbiriyle bağ yapma şeklinden dolayı, ilk bağlanan oksijenin diğer üçünden daha zayıf bağlandığı ortaya çıkmıştır. Bağlanan oksijenin güç farklılıkları "ortaklık" adı verilen bir davranışa neden olur. Kısaca açıklamak gerekirse hemoglobine bağlanan büyük miktardaki oksijenin (kanda olduğu gibi) havadaki oksijen miktarıyla doğrudan bir ilişkisi yoktur. Daha ziyade, ortamdaki oksijen miktarı düşük ise hemoglobine neredeyse hiç oksijen bağlanmaz. Eğer ortaklık olmasaydı bağlanan oksijen miktarı çok daha az olacaktı. Diğer yanda ortamdaki oksijen arttıkça hemoglobine bağlanan oksijen miktarı keskin bir artış gösterir. Bu domino etkisi olarak da düşünülebilir. İlk taşı devirmek (ilk oksijeni bağlamak) için biraz çaba sarf

etmek gerekir, ancak diğer taşlar otomatik olarak devrilecektir. Ortaklığın fizyolojik açıdan önemli sonuçları vardır: Etrafta çok fazla oksijen varsa (akciğerlerde olduğu gibi) hemoglobinlerin tamamen doymasını sağlar ve hemoglobinler oksijene ihtiyaç duyulan yerde (dokular gibi) kolayca boşaltılabilir.

Miyoglobin adı verilen bir protein daha vardır. Hemoglobine oldukça benzemekle beraber dört değil bir protein zinciri içerir ve dolayısıyla sadece bir oksijen bağlanabilir. Ancak miyoglobine oksijen bağlanması olayında ortaklık söz konusu değildir. Burada "Eğer miyoglobin gibi oksijen ile bağ yapabilen bir molekül zaten var ise hemoglobinin işlevinden yola çıkarak akıllı tasarım sonucuna varabilir miyiz?" sorusu akla gelmektedir. Buradaki tasarım kolay görülememektedir. Miyoglobinin zaten oksijenle bağ yapıyor olması başlangıç noktası olarak alınabilir. Hemoglobinin davranışı daha basit yapıdaki miyoglobinin davranışındaki ufak bir değişiklikle elde edilebilir. Ayrıca hemoglobin proteinleri miyoglobine oldukça benzemektedir. Hemoglobin etkileşimli parçalardan oluşan bir sistem olarak düşünülse de bileşenler ayrı ayrı ele alındığında bile görevleri çok önemlidir. Miyoglobinin başlangıç noktasını düşünürsek, aydaki insan şeklindeki duruma benzer: Şaşırtıcı ancak tatminkârlıktan uzak.

Üzerinde duracağımız son biyokimyasal sistem 7. bölümde ele aldığımız AMP üreten mekanizmadır. Burada tasarım sonucuna ulaşmak, ünlü fakat artık yaşamayan bir ressama atfedilen bir tablonun aslında aynı dönemde yaşamış başka bir ressama ait olduğu sonucuna varmak gibidir. Resmin sol altında ünlü ressamın adı olsa da fırça darbeleri, renk kombinasyonu, konu, tuval malzemesi ve resmin bizatihi kendisi farklıdır.

AMP üretmek için çok sayıda ardışık adım gerektiği, ara formlar kullanılmadığı ve kimya bilgimiz bu yolun denetim olmadan oluşamayacağını bize dikte ettiği için, AMP yolundaki tasarım oldukça kolay görünmektedir. Burada tasarım düşüncesi teorik olarak Stuart Kauffman senaryosuna karşı savunmasızdır. Ancak karmaşıklık teorisi bir heyuladan, başka bir şey değildir ve moleküllerin bilinen kimyasal davranışları senaryoya karşı çıkmamızı söyler. Daha da ötesi, başka

biyokimyasal sistemler için akıllı tasarım düşüncesi bu sistem hakkında da tasarım düşüncesinin doğru olduğu kanaatini güçlendirmektedir.

Herhangi bir şey tasarlanmış olabileceği ve tasarımı göstermek üzere delil getirmemiz gerektiği için, tasarımı gösterirken bazı biyokimyasal sistemlerde diğerlerine göre daha başarılı olmamız şaşırtıcı olmamalıdır. Hücredeki bazı özellikler doğal süreçlerin sonucundan başka bir şey değilmiş gibi görünebilir. Fakat bu özelliklerin hemen hepsi tasarlanmıştır. Hatta bazı özelliklere bakıp tasarlanmış başka nesneler kadar emin olabiliriz.

X. BÖLÜM
TASARIM HAKKINDA SORULAR

BASİT FİKİRLER

Basit bir fikir çok güçlü de olsa esaslı bir şekilde geliştirilmesi için, şaşırtıcı derecede uzun bir zaman gerekebilir. Buna belki de en meşhur örnek, tekerleğin icadıdır. Tekerlek icat edilmeden önce insanlar atların çektiği ve kızaklar üzerinde hareket eden, toprağı parçalayan arabalarla zorlukla ilerliyorlardı. Günümüzün okul çocukları onlara tekerlekli arabalar yapmayı önerebilir. Zira tekerlekten haberdardırlar. Tekerlek fikri oldukça güçlüdür ve geriye dönüp bakıldığında şaşırtıcı derecede basittir. Ayrıca yaşamımızda pek çok yararlı değişime öncülük etmiştir. Ancak fikir sadece zorlukla ortaya atılıp geliştirilmiştir.

Diğer bir güçlü fikir ise Fonetik alfabedir. Fonetik alfabe sesleri temsil eden işaretlerden oluşmaktadır. Bu işaretlerden birkaç tanesi biraraya getirilerek, gerçek dünyada karşılığı olan bir harf katarı oluşturulabilir. Hiyeroglif alfabeler ise tam tersi bir durumu temsil etmektedir; kelimelerin karşılığı olarak resimler kullanılır. Hiyeroglifler pek çok açıdan, özellikle yeni başlayanlar için, yazmanın çok daha doğal bir yoludur. Yazılı iletişim hakkında hiçbir bilgisi olmayan birisi resim

çizmeye daha yatkındır. "KÖPEK KEMİĞİ YER" yazmaktansa kemik yiyen bir köpek çizmeyi tercih edecektir. Bütün arkadaşlarına yanında çizgi olan yarım dairenin (D) "duh" ve tam dairenin (O) "ahh" anlamına geldiğini vs. söyleyecektir. Eğer şartlar uygunsa hiyeroglif sistem Fonetik alfabenin benimsenmesini, dilin karmaşıklığı arttıkça fonetik sistem gerçekten daha basit ve çok yönlü olmasına rağmen, engelleyebilir.

İlkokulda 561 sayısındaki 1'in 1'i, ancak 6'nın 60'ı ve 5'in de 500'ü temsil ettiğini öğrenmiştik. Bu basit yer değiştirmeler karşısında sayının yer değiştirmesi çocukların anlayabileceği kadar basittir. On yaşındaki bir çocuk 561 ile 427'yi toplayarak 988'i bulabilir. 12 yaşındaki bir çocuk ise 41 ile 17'yi çarparak 697 sonucuna ulaşabilir. Ancak bu sayıları Roma rakamlarıyla toplamayı ya da çarpmayı deneyin. XXIV ile LXXVI sayılarını toplayıp C'yi elde etmeye çalışın (sayıları Arap rakamlarına dönüştürmeden!). Ortaçağ'a kadar Avrupa'da Roma rakamları kullanılmıştır. Sonuç olarak halkın çok büyük bir bölümü, basit hesaplamaları günümüzdeki veznedar ya da kasiyerler kadar kolay yapamamıştır. Basit toplama işlemlerini sadece hayatını hesap yaparak kazanan özel eğitimli insanlar gerçekleştirebiliyordu.

TASARIMA YAKLAŞMAK

Akıllı tasarım fikri de basit ve açıktır. Yine de çeşitli dönemlerde bazı kişilerce eleştirilere maruz kaldığı unutulmamalıdır. Güçlü bir tasarım hipotezine karşı başından beri var olan karşı çıkış, tasarım fikrini destekleyen kanıtlar karşısında bulanıklaşmaktadır. İlk dönem Yunan filozoflarından Diyojen, mevsimlerin düzeni hakkında şunları söylemektedir:

Böyle bir dağılım, akıl olmadan imkânsız olacaktı. Her şey kendi ölçüleri dâhilinde gerçekleşmelidir: kış ile yaz, gece ile gündüz, yağmur ve rüzgâr ve hava durumları; ayrıca başka şeyler. Bunlar dikkatle incelenirse olabilecek en iyi düzenlemenin yapıldığı görülecektir.[122]

Socrates'in da şunları gözlemlediği söylenir:

---

122 Cited in Barrow, J. D., and Tipler, E. J. (1986) *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford University Pres, New York, s. 36.

Takdire şayan değil mi?... yiyeceklerin kendisi ile taşındığı ağız, burun ve gözlere yakındır ki yenilmeye uygun olmayan şeyler alınmasın. Ve sen Aristodemus, organların böylesi yerleşiminin hâlâ tesadüf eseri olduğunu mu düşünüyorsun, yoksa bilgelik ve tasarım mı?[123]

Böyle duygular, insani olarak anlaşılabilse de, dünyanın eğlenceli bir yerden başka bir şey olmadığı düşüncesine dayalıdır. Eğer Diyojen kışın hiç gelmediği Hawaii adasında yaşasaydı, bu eksikliği de "olası en iyi düzenleme" olarak düşüneceğini hayal etmek zor olmazdı. Eğer Socrates'in ağzı elinin yanında olsaydı, bunun besin transferi için en uygun yerleşim olduğunu söyleyecekti. Bir şeyin sadece "doğru" olduğu düşüncesiyle yapılan değerlendirmeler, şüphe karşısında güneş gören çiğ damlaları gibi buharlaşmaktadır.

İnsanlık tarihi boyunca bilgili (ve hatta bilgisiz) toplumlar için doğadaki tasarım açık ve görünür bir olaydı. Darwin'e kadar gerek din, gerekse felsefede dünyanın tasarlanmış olduğu düşüncesi çok yaygındı. Ancak, muhtemelen aksi iddia edilmediği için, bu düşünceyi destekleyecek entelektüel bir argüman yoktu. Darwin'den önceki dönemde doğanın tasarlanmış olduğu düşüncesi bir Anglikan papazı olan William Paley ile zirveye çıktı. Allah'ın tutkulu bir hizmetçisi olan Paley, yazılarında bilimsel bilgi vermeye çalışmıştır. Ancak diğer yandan tuhaf bir şekilde basit eleştirilere karşı savunmasızdır.

Paley'in *Natural Theology* adlı eserinin meşhur giriş paragrafında, iddialarının gücünü göstermeye çalışırken, daha sonra bu iddiaların reddedilmesine zemin hazırlayacak kusurları da ortaya koymuştur:

Fundalıkların arasında koşarken ayağımı bir taşa çarptığımı ve bana o taşın oraya nasıl geldiğinin sorulduğunu varsayalım. Muhtemelen vereceğim cevap onun ezelden beri orada olduğu olacaktı. Belki de sorunun bizzat kendisi saçmadır. Ancak yerde bulduğum şey bir kol saati olsaydı ve oraya nasıl geldiği sorusuyla muhatap olsaydım; cevap vermeden önce uzun bir süre düşünmem gerekecekti. Zira saatin çok eskiden beri orada olduğunu söylemem anlamsız olacaktı. Peki taş parçası için verilen cevap burada niçin geçerli olamaz? Öyle ya da böyle, saati yakından incelediğimizde – taşta olmayan – örneğin ayar-

123 Barrow and Tipler, s. 36.

lanmak ya da hareket oluşturmak gibi belirli bir amaç için biraraya getirilmiş parçalar görürüz. Hareketler düzenlidir, günün saatine uygundur. Öyle ki, farklı parçalar olduklarından başka şekillerde olsaydı veya saatte olduğundan başka bir düzen ya da amaçla biraraya getirilselerdi, ne hareket üreten bir makine olacaktı ne de saatin yapılma amacına uygun başka bir şey. Şimdi hepsi bir amaca hizmet eden parçalardan birkaç tanesini görevleriyle beraber ele alalım. Kıvrılmış elastik bir yay içeren silindir şeklinde bir kutu görüyoruz. Bu yay kendi gücüyle kutunun etrafında dönmektedir. Gördüğümüz diğer bir şey de esnek bir zincirdir... Sonra bir dizi çark... Bu çarklar, pastan korunmaları için pirinçten imal edilmiştir... Saatin ön tarafında ise bir cam parçası vardır; burada şeffaf bir madde kullanılmasaydı saati görmek için açmak gerekecekti. Saatin mahiyetini anlamak ve idrak etmek için incelemek, belki de önceden konu hakkında bir şeyler bilmek gerekebilir. Ancak daha önce de söylediğimiz gibi bu aygıtın bir tasarımcı tarafından yapılmış olduğu düşüncesi kaçınılmaz olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna göre gözlediğimiz mekanizmanın, onu bir amaç için şekillendirmiş bir yapıcısı ya da yapıcıları olmalıdır. Bu yapıcı onun ne amaçla kullanılacağını da bilmektedir.[124]

Yunan düşüncesiyle kıyaslanırsa, Paley oldukça ileridedir. *Natural Theology*'de tasarımla ilgili verdiği örnekler (Diyojen ve Socrates gibi) oldukça zayıf kalsa da doğru olduğu noktalar genellikle fazladır. Başka konularla birlikte kaslar, kemikler ve memelilerin salgı bezleri gibi bir ya da birkaç bileşenin olmaması durumunda, işlevsiz hale geleceğine inandığı farklı sistemler hakkında yazmıştır. Bu da tasarım fikrinin özüdür. Ancak Paley'in en iyi durumda bile biyolojik kara kutulardan bahsettiği de unutulmamalıdır. Yani bir hücreden büyük sistemleri anlatmaktadır. Ancak saat örneği mükemmeldir; bileşenlerin ve rollerinin ne olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla bir kara kutu değildir.

---

[124] Paley, W. Natural Theology, *American Tract Society*, New York, s. 9-10.

KONUYU DAĞITMAK

Paley'in tasarım açıklaması o kadar güzeldir ki, ünlü evrimcilerin bile takdirini kazanmıştır. Richard Dawkins'in *The Blind Watchmaker* adlı kitabı, ismi saat örneğinden almıştır. Ancak Dawkins, saati yapan varlığın akıllı bir tasarımcı değil de evrim olduğunu iddia etmektedir:

Paley yaşamın makineleri hakkındaki görüşünde, insan gözünden başlayarak oldukça güzel tarif etmiştir... Paley'in argümanları oldukça samimidir ve kendi döneminin en iyi biyoloji bilgisinden faydalanmıştır. Eğer doğal seleksiyonun doğadaki saat imalatçısı rolünde olduğu söylenebilirse, bu ancak *kör* saat imalatçısı olabilir... Ancak "canlı" saatlerin Paley'i çok etkilediğini göz ardı edersem hata yapmış olurum. Yine de Paley'in daha ileriye gidebileceğini söylemeliyim.[125]

Dawkins'in Paley için hissettikleri, değerli bir düşmanı yenen galip bir komutanın hissettiklerine benziyordu. Doğanın karmaşıklığı konusunda kendisiyle aynı hislere sahip papaz karşısında yüksek gönüllülük gösteren Dawkins, Paley'in hakkını vermeden geçmiyordu. Paley'in yenilgisini gösteren Dawkins, daha sonra ona hiçbir filozof ya da bilim adamının atıfta bulunmamasıyla kendince haklı çıkmış oluyordu. Daha sonrakiler tıpkı Dawkins gibi Paley'i sadece eleştirmekle yetinmişlerdi. Paley'in düşüncelerine yön veren şey, dünya merkezli bir dünya görüşü ile simyacıların yanma teorisi idi. Bu da onu, dünyayı açıklama mücadelesinde sadece yeni bir mağlup haline getiriyordu.

Ancak sormamız gereken asıl soru Paley'in nerede reddedildiğidir? Onun iddialarına yanıt veren kimdi? Akıllı bir tasarımcı olmadan saat nasıl ortaya çıkabilirdi? Gözden düşen Paley'in temel iddiasının asla reddedilmemiş olması şaşırtıcı bir gerçektir. Ne Darwin ne de Dawkins, ne bilim ne de felsefe, bir tasarımcı olmadan örnekteki bir saat gibi eksiltilemez karmaşık bir sistemin nasıl üretilebileceğini açıklamamışlardır. Onun yerine, Paley'in düşünmeden verdiği örnekler ve konu dışı teolojik açıklamalarına yönelik saldırılarla konu dağıtılmıştır. Paley iddialarını daha dar bir çerçeveden sunmadığı için eleştirilebilir.

---

125 Dawkins, R. (1985) *The Blind Watchmaker*, W. W. Norton, London, s. 5.

Ancak onu eleştirenler de, tartışmayı kendileri için daha kolay bir hale getirmek adına esas konuyu gündeme getirmedikleri için kınanmalıdır.

KARIŞIK BİR ÇANTA

Natural Theology adlı kitabında Paley, biyolojik örnekler vermektedir. Ona göre bu örnekler, bir saat gibi etkileşim içinde bulunan parçalardan oluşmakta olup bu durum bir tasarımcıya delalet etmektedir. Paley'in verdiği örnekler karışık bir çantayı andırmaktadır. Bazı örnekler son derece iyi iken bazıları saçmadır. Bazıları mekanik örneklerdir, bazıları da sadece şekilseldir. Ancak hiçbir örnek, bir tasarımcı olmadan bir şeylerin ortaya çıkamayacağını kesin olarak göstermemiştir. Aşamalı gelişimi kesin bir şekilde reddetmediği için de, Darwin'den bu yana insanlar bir şekilde aşamalı gelişimin olabileceğini düşünmüşlerdir.

Paley'in özellikle mekanik sistemler hakkındaki açıklamaları başarılıdır. Kalp hakkında şunları gözlemlemiştir:

Pompaların arada olması gerektiği açıktır. Zira kalbin faaliyetinin başarısı aslında buna bağlıdır. Birisi kasıldığı zaman, uygulanan gücün doğal sonucu olarak ortaya çıkan basınç, kanı gitmesi gerektiği gibi atardamarın ağzına göndermekle kalmaz aynı zamanda geldiği toplardamara geri gönderir. Kalp de tıpkı bir pompa gibidir, borular olmadan çalışmaz.[126]

Burada sistemin fonksiyonunu açıklamakta ve okuyucuya kalbin neden birden fazla parçaya – sadece pompa değil kapakçıklar – gerek duyduğunu da anlatır.

Ancak Paley içgüdülerden bahsederken anlatımı sıradanlaşır:

Bir dişi kuşu yumurtlamadan önce yuva yapmaya iten şey nedir?.. İçinde büyüyen yumurtanın sertliği, vücudunun bir yerinde hissettiği doluluk ya da şişkinlik mi?.. Bakıma ve korunmaya ihtiyacı olan bir şey üretmekte olduklarını nasıl hissederler? Kuşlar yumurtanın içinde yavrularının olduğunu nasıl bilirler?[127]

---

126 Paley, s. 110-111.
127 Paley, s. 199-200.

Örnek ilginç olabilir. Ancak anlatılmak istenen şey belirgin değildir. Ayrıca sistemi oluşturan bileşenler (belki de kuşun beynindedir) bilinmemektedir. Dolayısıyla bu sistem de bir kara kutudur.

Paley, muhtemelen ceninin gelişmesinden bahsederken oldukça yorulmuştur:

Göz ilk ortaya çıktığında kullanılmamaktadır. Bir mahzendeki optik bir aygıttır. Işığı odak noktasına düşürmek için üretilmiştir. Henüz ışıkla temas etmeden tamamen hazırlanıp bitmiştir... Gelecekteki bir ihtiyaç için tasarlanmıştır.[128]

Bu örnekte Paley, bizi tanımlanmış bir sistemin herhangi bir bileşenini değil, zamanlamayı takdir etmeye davet etmektedir.

Paley'in eksikliklerin bedeli olarak tanımladığı örnekler ise saçmadır:

Fillerin kısa ve hareketsiz boyunlarına karşılık hortumları uzun ve esnektir...

Turna türleri suda yaşar ve besinlerini suda arar. Ancak ayakları uygun olmadığı için suda yüzemez. Bu eksikliği telafi etmek için, ya toplayıcı uzun ayaklara ya uzun bir gagaya ya da her ikisine birden sahiptirler. Bu, eksikliğin bedelidir.[129]

Bu açıklamalar "çok çirkin olmasına rağmen boyu uzun" ya da "aptal olmasına karşılık çok zengin" gibi ifadeleri akla getirmektedir ve ancak zengin bir komedi kaynağı olabilir. Fakat tasarımla ilgisi yok denecek kadar azdır. İyi niyetli olmaya çalışırsak Paley, bunların güçlü örnekler olduğunu düşünmüş olabilir. Muhtemelen bu zayıf örnekleri kekin üstündeki süslemeler gibi düşünmüştü. Kendisinden sonrakilerin kremaya saldırarak iddialarını eleştireceği aklının ucundan bile geçmemişti.

PALEY'İ YALANLAMAK

Kitabındaki pek çok yanlış örneğe rağmen, Paley'in ilk paragraftaki ünlü saat örneği gerçekten doğrudur. Yerde bir saat bulduğunuzda tasarlanmış olduğu konusunda hiçbir şüpheniz olmayacaktır. Bu-

---

[128] Paley, s. 171-172.
[129] Paley, s. 184-185.

nun sebebi de Paley'in ifade ettiği gibidir: Parçaların, tek başlarına sahip oldukları işlevlerin dışında bir görevi yerine getirmek için biraraya getirilme tarzları. Saatin işlevi zamanı göstermektir. Bileşenleri Paley'in de sıraladığı gibi çeşitli dişliler, yaylar, zincirler vs.dir.

Buraya kadar her şey iyi. Ancak mekanik paradigmada ne aradığını iyi bilen Paley, niçin çabucak hataya düşmektedir? Çünkü kendini kaptırmış ve saatin yanlış özelliklerine bakmaya başlamıştır.

Paley'in, birbirleriyle etkileşim içinde bulunan parçalardan oluşan sistemlerden uzaklaşıp, kendi düşüncelerine uygun olduğunu düşündüğü düzenlemelerden bahsetmesi problemin başlangıç noktasıdır. Saatin dişlilerinin pası önlemek için pirinçten üretildiğini anlattığı açılış paragrafında problemin ilk belirtileri ortaya çıkmaktadır. Problem, saatin işlevi için çarkların pirinçten yapılmış olmasının bir zorunluluk olmamasıdır. Bu durum saatin işlevine yardımcı olabilir, ancak ağaç ve kemik bile olsa herhangi sert bir materyalden yapılmış dişliler de aynı işi görebilir. Paley'in saat camından bahsetmesi ise durumu kötüleştirmekten başka bir işe yaramamaktadır. Cam, işlev için gerekli bir parça olmadığı gibi tamamen ayrılması da saatin çalışmasını engellemez. Bir saat kapağı eksiltilemez karmaşık bir sistemin kullanımını kolaylaştırmaktan öte bir işleve sahip değildir. Sistemin bir parçası olamaz.

Paley kitabın ilerleyen sayfalarında ilk başta seçtiği örnek olan ve etkileşimli parçalardan oluşan saatten uzaklaşır. Çoğumuzun da yaptığı gibi daha az konuşması durumunda söyledikleri daha etkileyici olacaktı.

Paley'in gereğinden fazla konuşması nedeniyle yıllar geçtikçe iddiaları etkisini yitirmiştir. Darwinizmin bazı savunucuları bir sistemin gerçek karmaşıklığı (retina ya da saat) ile ilgilenmek yerine, eklenmiş özellikler hakkında bir hikâye önermekle yetinmişlerdir. Bir benzetme yapacak olursak, üzeri kapaklı bir saat için Darwincilerin yapacağı açıklama şöyle olacaktır; zaten kapaksız saat üreten bir fabrika bulunmaktadır. Açıklamanın devamı ise zamanla bir kapağın geliştiği olacaktı.

Zavallı Paley. Onun modern muhalifleri saat ya da retina gibi çok karmaşık başlama noktaları beklemekte haklıdırlar. Ancak aşamalı

gelişmeyle açıklanabileceğini düşündükleri saat kapağı ya da göz eğriliği gibi olgular hakkında beklediklerini bulamamışlardır. Daha fazla açıklama yoktur. Gerçek komplekslik, eksiltilemez karmaşıklık hakkında başka bir şey söylenmemiştir. Paley'in işi abartması, en iyi bildiği konularda bile, kendisine muhalefet edenlerin onun dayanak noktasına saldırmalarına neden olmuştur.

TASARIM KARŞITI İDDİALAR

Akıllı tasarım karşıtı söylem, iddianın kendisi kadar eskidir. Karşıt görüşlerin bazıları Darwin ve takipçilerine aittir, ancak daha eski olanlar da vardır. Filozof David Hume'un tasarım karşıtı fikirlerine yer verdiği *Dialogues Concerning Natural Religion* adlı kitabı 1779 yılında yayınlanmıştır. Richard Dawkins ise *The Blind Watchmaker* adlı kitabında "tanınmış bir ateist" ile akşam yemeği sohbetinde konuya değinmektedir:

Darwin'in *Türlerin Kökeni* adlı kitabı yayınlandığında 1859'dan önce ateist olunabileceğini hayal bile edemiyordum. Filozof "Ya Hume?" diye sorduğu zaman, "Hume canlı dünyadaki düzenlenmiş karmaşıklığı nasıl açıklıyor?" sorusuyla karşılık verdim. "Hiçbir şekilde" diye cevapladı. "Bu durumun açıklanmasına neden gerek duyulsun ki?"[130]

Dawkins açıklamalarına şöyle devam eder:

İskoçyalı büyük filozof'un Darwin'den bir asır önce tasarım fikrine karşı iddialarda bulunduğu söylenmektedir. Ancak Hume'un yaptığı şey, doğadaki Allah'ın varlığına delil teşkil ettiği düşüncesini eleştiriye tabi tutmaktı. Karmaşık biyolojik tasarımlar hakkında alternatif bir açıklaması yoktur.[131]

Wisconsin University'den – modern filozoflardan – Elliott Sober, *Philosophy of Biology* adlı kitabında Hume'ın açıklamalarına daha ayrıntılı yer vermektedir:

Hume inanıyor ki... benzer saat ve organizmaların nasıl olduklarını sormamız gerekir. Bir an düşününce oldukça farklı oldukları orta-

---

[130] Dawkins, s. 5.
[131] Dawkins, s. 6.

ya çıkmaktadır. Saatler cam ve metalden yapılmıştır; nefes almaz, salgılamaz, metabolizma oluşturamaz ya da üremezler... Burada akla ilk gelen düşünce, tasarım argümanının oldukça zayıf bir benzetme olduğudur. Saatlerin belirli özelliklere sahip olması dolayısıyla, organizmaların da belirli özelliklere sahip olduğunu düşünmek oldukça saçmadır.[132]

Ancak Sober, Hume ile aynı görüşte değildir:

Tasarım argümanı benzerlikten yola çıkılarak ulaşılan bir düşünce olsaydı, Hume'un eleştirileri çok güçlü olabilirdi. Ancak tasarım düşüncesine giden tek yolun sadece bu olmadığını düşünüyorum. Paley'in, saat ve organizmaların benzer olup olmadıklarını göz ardı eden iddialarını savunan başka bir kimse yoktur. Saatler hakkında konuşmak ise okuyucunun organizmalar hakkındaki iddiaların zorlayıcılığını görmesine yardım etmektedir.[133]

David Hume diğer bir ifadeyle tasarım argümanının, biyolojik organizmaların tesadüfi ayrıntılarda başka organizmalara benzerliğine bağlı olduğunu düşünmektedir. Ancak bu tarz bir düşünce bütün benzerliklerde yıkıma uğrayacaktır. Zira benzemeyen iki nesnenin benzemezlikleri, benzerliklerinden fazla olacaktır. Hume'un düşüncesine göre örneğin – her ikisi de taşıma aracı olmasına rağmen – bir arabayı uçağa benzetemezsiniz. Zira uçağın kanatları vardır ama arabanın yoktur vs. Sober, Hume'un düşüncesini reddetmektedir. Çünkü Sober'e göre, akıllı tasarım argümanı en iyi açıklama biçimidir. Bunun anlamı kısaca, akıllı tasarım ile rastgele doğal süreçler arasında bir tercih yapılması gerekirse Paley'in argümanı daha muhtemeldir (Sober'e göre en azından Darwin'den ağır basmaktadır).

Sober'in ulaştığı sonuç doğrudur, ancak benzetmeye dayalı argümanın da geçerli olduğunu fark edebilmiştir. Bu argümanı çarpıtan Hume'dur. Benzetmelerde, A'nın B'ye belirlenmiş özellikler açısından benzeyip benzemediği doğrudan ya da dolaylı olarak ortaya konur. Örneğin pas, diş çürüğüne benzer; diş çürüğü canlı maddelerde olmasına, bakterilerden kaynaklanmasına ve fluorür ile engellenebilmesine

---

132 Sober, E. (1993) *Philosophy of Biology*, Westview Pres, Boulder, Co. s. 34.
133 Sober, s. 34-35.

rağmen, ikisi de küçük bir nokta şeklinde başlayıp büyür. Bir Rube Goldberg makinesi aradaki pek çok farka rağmen eksiltilemez karmaşıklık açısından kan pıhtılaşma sistemine benzer. Benzeşime dayalı bir sonuca ulaşmak için yapılması gereken tek şey ortak özelliklerin çıkarılmasıdır: Eksiltilemez karmaşıklıktaki Rube Goldberg makinesinin üretilmesi için akıllı bir tasarımcıya ihtiyaç vardır; buna göre eksiltilemez karmaşıklıktaki karmaşık kan pıhtılaşma sisteminin üretilmesi için de bir tasarımcı gerekmektedir.

Bu arada bir saat ile canlı organizma arasında yapılacak bir benzetme Hume'un eleştirisine rağmen oldukça güçlü olabilir. Modern biyokimya muhtemelen, biyolojik materyallerden bir saat ya da zaman gösteren bir cihaz (en azından yakın gelecekte) yapacaktır. Biyokimyasal sistemlerin çoğu zamanı gözetir. Bunların arasında kalbi çalıştıran hücreler, ergenlik çağını başlatan sistem ve hücreye bölünmesini söyleyen mekanizma sayılabilir. Ayrıca biyokimyasal bileşenlerin dişli ve esnek zincirler gibi davrandığı bilinmektedir ve (bir saati düzenlemek için gereken) geri besleme mekanizmaları biyokimyada oldukça yaygındır. Hume'un mekanik sistemler ile canlı organizmaların temelden farklı olduğu eleştirisi, yaşamın mekanizmasını keşfeden bilimsel gelişmeler sayesinde demode olmuştur.

Sober'in Hume hakkındaki analizleri şöyle devam etmektedir:

Şimdi Hume'un tasarım hakkında ilkinden daha başarılı olmayan ikinci eleştirisine sıra geldi... Hume, dünyamızdaki organizmaların akıllı tasarım eseri olduğunu düşünmemiz için iyi bir nedenimiz varsa, başka dünyaları da inceleyerek akıllı tasarımcıların ürünü olan organizmalar bulmamız gerektiğini söylemektedir.[134]

Hume tasarım düşüncesini tümevarım yapmakla eleştiriyor. Uçan bir domuz gözlenmediği için domuzların hiçbir şartta uçamayacağını söylemek bu iddiaya bir örnek olarak verilebilir. Tümevarıma dayanarak tasarım sonucuna ulaşmak için, tasarlanmış canlılar ile ilgili tecrübelerimiz olmalıdır. Hume'a göre, dünyamızda böyle bir tasarım gözlemlemediğimizden dolayı söz edildiği şekilde bir tecrübe için başka dünyalara takılması gerektiğini söyler. Başka dünyalar hakkında bir

134 Sober, s. 35.

bilgimiz olmadığı için de tümevarım yapmak için gerekli tecrübeye sahip değiliz demektir. Sober'e göre Hume'un bu iddiası da geçersizdir. Zira Sober akıllı tasarım çıkarımının tümevarımsal bir argüman değil en iyi açıklama olduğunu düşünmektedir.

Sober burada da çok haklı olmasına rağmen daha da ileriye gidebilirdi. Günümüzde Hume'un tümevarım konusundaki eleştirileri geçerli olabilirdi, ancak bilimdeki ilerlemeler bu eleştirileri demode kılmıştır. Modern biyokimyanın, yaşamın temeli olan biyokimyasal sistemlerdeki tasarımları taklit etmesi artık sıradan bir hale gelmiştir. Yani yaşamı oluşturan bileşenlerin akıllı tasarımını tecrübe etmiş bulunmaktayız. Yeni biyokimyasal sistemlerin birleştirildiği muhtemelen on binlerce deney yapılmıştır ve gelecekte çok daha fazlası yapılacaktır.

David Hume'un argümanlarının iflası, tasarımın modern muhaliflerinin başka açıklamalar aramalarına neden olmuştur. Bu bölümün geri kalan kısmında tasarım karşıtı modern düşüncelerin en tanınmışlarına yer vereceğim.

OUIJA* BENZETMESİ

Richard Dawkins'in filozof arkadaşı, David Hume'un tasarımı çürütmeye çalışan argümanının, bilimsel olduğu kadar felsefi açıdan da yanlış olduğunu düşünmekteydi. Elliott Sober, felsefesiyle başarılı olmasına rağmen görünen odur ki bilimdeki gelişmelerden habersizdir. Sober, Hume'un yanıldığını düşünse de Darwin'in iddia ettiği şekilde yaşamın evrim sonucu ortaya çıktığına inandığından tasarım iddialarına karşı soğuktur. Bu düşüncesinde, eksiltilemez karmaşıklıktaki biyokimyasal sistemlerin aşamalı oluşum modellerini ele alan yayınlara dayanmamaktadır. Hatta yaşamın moleküler temelini bile göz ardı etmektedir. Daha ziyade tasarımı reddeder ve (tuhaf bir şekilde) benzetmeye dayalı Darwinizm'i benimser. *Philosophy of Biology* adlı eserinde şunları söylemektedir:

Mutasyon-seleksiyon sürecinin gerçekte iki kısmı vardır... ki Richard Dawkins'in *The Blind Watchmaker* adlı kitabında açıklan-

---

* Doğaüstü olayları açıklayan bir levha (Ç.N.).

mıştır. Şifreli kilidi andıran bir cihaz düşünün. Yan yana dizilmiş disklerden oluşsun. Her diskin kenarlarında alfabenin 26 harfi bulunmaktadır. Diskler birbirinden bağımsız olarak dönmektedir; bu sayede çeşitli harf dizileri oluşturulabilir.

Kaç farklı harf kombinasyonu oluşturulabilir? 19 disk ve 26 harf olduğuna göre sonuç, 26'nın 19. kuvveti olacaktır. Bunlardan birisi METHINKSITISAWEASEL'dir...

METHINKSITISAWEASEL'in oluşma ihtimali $1/26^{19}$'dur; yani oldukça küçüktür...

Ancak, yazılmak istenen mesajdaki bir harf denk geldiğinde sabitlenen bir disk düşünün. Geri kalan diskler ise doğru harf gelinceye kadar dönmeye devam etsin. Şimdi, 50 tekrardan sonra METHINKSITISAWEASEL mesajının oluşma ihtimali nedir?

Cevabın çok az bir deneme sonrasında olması şaşırtıcıdır...

Varyasyon rastgele üretilir, ancak varyasyonlar arasında yapılan seçim rastgele değildir.[135]

Bu benzetme, karmaşık biyolojik sistemlerin nasıl oluşabileceğini aydınlatmayı amaçlamaktadır. Buna göre basit dönen disk benzetmesinden yola çıkarak, Sillerin adım adım gelişebileceği, görmedeki başlangıç adımlarının aşama aşama üretilebileceği vs. sonucuna varmamız istenmektedir. Bu benzetme, çeşitli karmaşık sistemlerin Darwin'in düşündüğü gibi sözde evrimleşerek ortaya çıkacağı düşüncesine delil olarak sunulmuştur. Ayrıca Sober'e göre bu benzetme o kadar güçlüydü ki, ona dayanarak Darwin'in tezlerinin en iyi açıklama olduğu sonucuna varılabilirdi. Sober'e kıyasla kitabındaki ayrıntıları farklı olan Dawkins'in benzetmesi ise açıkça yanlıştı. Dawkins, biyoloji filozoflarının hayal gücünden etkilenmiş görünmektedir. Sober bir yana, Michael Ruse ise *Darwinian Defended* adlı kitabında, Daniel Dennett'in *(Darwin's Dangerous Idea)* adlı kitabında yaptığı gibi, benzer bir örnek kullanmıştır.

Dawkins ve Sober'in benzetmelerindeki problem neydi? Basitçe cevaplamak gerekirse her şey. Bu benzetme, doğal bir seleksiyon ile seçilen bir fonksiyon olma iddiasındadır. Ancak yanlış bir harf kombi-

---

135 Sober, s. 37-38.

nasyonu olursa ortaya çıkacak işlev ne olacaktır? Disklerin bir süre döndükten sonra MDTUIFKQINIOAFERSCL gibi harflerin yarısı doğru olacak şekilde durduğunu varsayalım. Şifreli kilit benzetmesi bunun bir gelişme olduğunu ve kilidi açmamıza bir şekilde yardım edeceğini savunmaktadır. Ancak, eğer yaşamınız METHINKSITISAWEASEL şifresine sahip bir kilidi açmanıza bağlıysa ve MDTUIFKQINIOAFERSCL şifresini deniyorsanız, diskleri çevirmeye uzun bir süre daha devam edersiniz. Eğer üreme şansınız kilidi açmaya bağlıysa soyunuz devam etmeyecektir. Sober ve Dawkins'in verdiği şifreli kilit benzetmesinin aslında, oldukça gelişmiş eksiltilemez karmaşıklıktaki bir sistemin işlevlerinin aşamalı bir şekilde ortaya çıkamayacağını göstermesi ilginçtir.

Evrim teorisini savunanlara göre, evrim esas hedef değildir. Ancak bu durumda rastgele harf dizileriyle başlarsak, MYDARLINGCLEMENTINE değil de MEBETARZANYOUBEJANE dizisinde durmamamız için bir sebep var mıdır? Disklerin hangi harfte duracağına kim ve niçin karar vermektedir? Dawkins ve Sober'in senaryosu rastgele mutasyona dayalı doğal seleksiyon yerine, aslında tam zıt bir örnek sunmaktadır: Eksiltilemez karmaşıklıktaki bir sistemin oluşturulmasına kılavuzluk eden akıllı bir varlık. Bu tasarımcının (Sober) aklında hedeflediği bir aşama (kilit kombinasyonu) vardır ve ustanın Ouija levhasına rehberlik etmesi gibi, kilide rehberlik etmektedir.

Benzetmedeki hayati problemleri görmek zor değildir. New York University'de kimya profesörü olan Robert Shapiro, Sober'in kitabından yedi yıl önce basılan *Origins: A Skeptic's Guide to the Origin of Life* adlı kitabında bu benzetmeyi alaycı bir tarzda eleştirmiştir.[136] Bir kimyacının kolayca görebileceği basit mantıksal problemlerin seçkin bir filozof tarafından göz ardı edilmesi, biyokimya laboratuarının eğitim amaçlı ziyaret edilmesinin önemini ortaya çıkarmaktadır.

---

[136] Shapiro, R. (1086) *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth.* Summit Boks, New York, s. 179-180

GÖZDEKİ KÖR NOKTA

Akıllı tasarım tartışmalarında, en çok karşılaşılan itirazlardan birisi kısaca şöyle özetlenebilir: Yeryüzündeki yaşamı düzenleyen akıllı tasarımcı kusursuz bir yaşam üretme yeteneğine sahip olmalıdır; hatta kusursuz bir yaşam üretmelidir. Bu argüman bir dereceye kadar destek de bulmuştur. Ancak bu argüman Diyojen'in şu iddiasının tersinden başka bir şey değildir: Bazı şeyler bizim düşündüğümüzden farklı olduğu için, bu olay tasarım karşıtı bir kanıttır.

Bu argüman ünlü bilim adamı ve filozoflar tarafından tekrarlanmıştır. Ancak en önemlilerinden birisi, Brown University'de biyoloji profesörü olan Kenneth Miller'ın yaptığı değerlendirmedir.

Akıllı tasarım düşüncesine cevap vermenin başka bir yolu da, karmaşık biyolojik sistemleri dikkatle inceleyerek akıllı bir tasarımda bulunmaması gereken hataları oluşturmaktır. Akıllı tasarım boş bir sayfadan işe başladığı için, sonuç olarak yerine getirdiği görev için optimize edilmiş organizmalar üretmelidir. Diğer yandan evrim, mevcut yapıların dönüşmesine has bir olay olduğu için, ille de mükemmellik üretmesi gerekmez. Hangisi doğrudur?

Akıllı tasarımın kusursuzluk örneği olarak varsayılan göz, bir cevap sunmaktadır. Bu sıra dışı organın önemli özelliklerinden zaten bahsettik; ancak onun ışığa duyarlı birimlerinin kablo döşemesi gibi tasarımla ilgili spesifik özelliklerini göz önünde bulundurmadık. Retinaya yerleştirilmiş, ışık alıcı hücreler sinyalleri birbirine bağlı bir dizi hücreye, oradan da beyne uzanan görme sinirlerine gönderir.

Bu kablo tesisatının bileşenleri ile çalışan akıllı bir tasarımcı, en yüksek görme kalitesini sağlayan yönlendirmeyi seçecektir. Örneğin, hiç kimse sinirsel bağlantıların retinanın arkası yerine ışık alıcı hücrelerin önüne yerleştirilerek görüntünün engellenmesini önermez.

Bu da kaçınılmaz olarak insan retinasının gerçekte nasıl oluşturulduğunu göstermektedir...

Sinir ağı döşemesinin ışık alıcı hücrelerin ürettiği darbeleri beyne taşıyabilmesi için, uçların doğrudan retinaya girmesi gerektiğinden daha ciddi bir kusur ortaya çıkmaktadır. Bu da retinadaki kör bir noktadır. Burada sinyal taşıyan binlerce hücre, duyarlı hücreleri kenara itmektedir.

Bütün bunlar gözün zayıf bir işleve sahip olduğu şeklinde anlaşılmamalıdır. Göz, işini fazlasıyla iyi yapan bir görme aygıtıdır... Akıllı tasarım teorisi açısından önemli olan şey... bir organ ya da sistemin iyi işlerken diğer yandan basit yapı planının bir tasarım ürünü olup olmadığıdır. Gözün planı yapısal değildir.[137]

Miller temel bir karışıklığı zarifçe açıklamaktadır. Akıllı tasarım teorisinin kilit noktası "temel bir yapısal planın tasarımın açık sonucu" olup olmaması değildir. Fiziksel olarak etkileşim içindeki sistemlerin akıllı tasarım ürünü olduğu düşüncesi özelleşmişliğe, eksiltilemez karmaşıklığa – birbirine çok uygun ve ayrık bileşenlerin tek başına yapamayacakları işlevleri yerine getirmek için düzenlenmelerine – dayanmaktadır. Tasarım ile ilgili kanıtlara ulaşmak için moleküler sistemlerin incelenmesi gerektiğine vurgu yapmış olsam da, Miller'ın konu hakkında yazdıklarını, kusurluluk argümanı konusunda diğer sorunları ele almak için bir sıçrama tahtası olarak kullanabiliriz.

Argümanın en temel problemi, tamamen kusursuzluk istemesidir. Günümüzden örnek versek, daha iyisini yapma yeteneğine sahip tasarımcıların bunu yapmak zorunda olmadıkları açıktır. Örneğin üretimde, "eskimezlik" yaygın bir şey değildir zira mühendislik harikası eserler ortaya koyma isteğini geride bırakan başka istekler de olabilir. Başka bir örnek de benimle ilgilidir: Çocuklarımın şımarmasını istemediğimden ve paranın kıymetini bilmeleri için onlara hiçbir zaman en iyi, en eğlenceli oyuncaklar almam. Eksiklik argümanı tasarımcıyı harekete geçiren birden fazla itici güç olabileceğini ve mühendisliğin geri plana itilebileceğini göz ardı etmektedir. Tarih boyunca pek çok insan hastalık, ölüm ve diğer açık kusurlara rağmen yaşamın tasarlanmış olduğunu düşünmüştür.

Argümanın diğer bir sorunu da tanımlanmamış bir tasarımcı hakkında tehlikeli bir psikanaliz yapmasıdır. Tasarımcı açıkça söylemediği sürece bir şeyi niçin yaptığını bilemeyiz. Bir modern sanat galerisine giden birisi (en azından ben), tasarım ürünü bir nesne ile karşılaştığında ürünün amacı tamamen kapalı olabilir. Bir tasarımda bize ilginç gelen özellikler tasarımcı tarafından belirli sebeplerle –

[137] Miller, K. R. (1994) "Life's Grand Design", *Technology Review February/March*, s. 29-30.

sanatsal kaygılar, değişiklik, gösteri amaçlı, keşfedilmemiş nedenler ya da tahmin edilemeyen sebepler – yerleştirilmiş olabilir; olmayabilir de. Tuhaf görünse de yine bir akıllı tasarım ürünü olabilir. Bilimsel açıdan önemli olan tasarımcının ne düşündüğü değil, tasarımın tespit edilip edilmediğidir. Başka boyutlardaki yaratıkların yeryüzünde neden çeşitli yapılar inşa ettiği tartışması ile ilgili olarak Freeman Dyson şunları yazmıştır:

Harekete geçiren sebepleri, bu eserleri kimin yaptığını ya da niçin yaptığını tartışmak gereksizdir. İnsan türü neden hidrojen bombası kullanır ya da niçin aya roket gönderir? Gerçekten neden olduğunu söylemek zordur.[138]

Francis Crick ve Leslie Orgel, uzaylıların diğer gezegenlerde yaşam başlatmaya çalışıp çalışmadığı hakkında şunları yazmışlardır:

Dünya dışı toplumların psikolojisini anlamak, dünyadaki toplum psikolojisini anlamaktan daha kolay değildir. Dünya dışı canlıların başka gezegenlere müdahale sebepleri bizim tahmin ettiğimizden tamamen farklı olabilir.[139]

Bu yazılarda yazarlar, tasarımcıyı harekete geçiren nedenleri bilmeksizin tasarımın tespit edilebileceği konusunda doğru düşünmektedirler.

Eksiklik argümanıyla ilgili başka bir problem de, savunucularının tasarımcı hakkında kendi psikolojik değerlendirmelerini "yönetilmeyen evrim"e kanıt olarak sıkça kullanmalarıdır. Kısaca çıkarım şöyle ifade edilebilir:

1. Omurgalıların gözü, kör nokta olmadan tasarlanabilirdi.
2. Omurgalı gözünün kör noktası vardır.
3. Dolayısıyla Darwin'in teorisi göz için geçerlidir.

Bu gibi mantık çıkarımlarında öncül ile sonuç arasında bir ilişki yoktur. Bilim literâtüründe mutasyona dayalı doğal seleksiyonun kör noktalı ya da kör noktasız bir göz, bir göz kapağı, bir göz merceği, bir retina, rodopsin ya da retinal üretebileceğine ilişkin hiçbir kanıt yoktur.

---

138 Dyson, J. E. (1966) "The Search for Extraterrestrial Technology", *Perspectives in Modern Physics*, ed. R. E. Marshak, Jphn Wiley & Sons, New York, s. 643-644.

139 Crick, F. H. C., and Orgel, L. E. (1973) "Dierected Panspermia", *Icarus*, *19*, 344.

İddianın sahibi bir şeyin nasıl olması gerektiği hakkında sadece kendi duygularına dayanarak Darwinizm lehine bir çıkarımda bulunmuştur. Daha nesnel yaklaşan bir gözlemci, omurgalı gözünün eksiklik argümanının etkisinde kalınarak tasarlanmadığı sonucuna varabilirdi.

Ken Miller'ın makalesi *Reader's Digest* gibi sosyal içerikli bir dergiden ziyade, *Technology Review* gibi bilimsel bir dergi için yazılmıştı. Okuyucu teknik bilgiye sahip olduğu için soyut bilimsel kavramları ve arkasından gelen karmaşık argümanlar ile sabit çıkarımları anlayabiliyordu. Okurlarına ciddi bilimsel bilgiler yerine, psikolojik ve duygulara dayalı bir çıkarım sunmuştur. Bu da amaçladığının tersi bir etki yaratmıştır.

NE YAPIYOR?

"Hiçbir tasarımcı bunu bu şekilde yapamazdı gibi bir görüş vardır ve bu görüş farklı bir cevap gerektirmektedir. Halihazır7da işlevi olmayan bu özellik gerçekte başka türlerde kullanılır durumda olmanın yanı sıra, işlevinin ne olduğu anlaşılmamış olabilir. Batı organlar bu argüman için önemli bir yere sahiptir. Örneğin evrimci biyolog Douglas Futuyma kendine göre "mağara hayvanlarının gelişmemiş gözleri; pek çok yılan benzeri kertenkelenin minik, kullanışsız ayakları ve pitonlardaki pelvis izlerinin" evrimin mevcudiyetine delil teşkil ettiğini öne sürmektedir.[140] Ben bir biyokimyacı olduğum için bu argümanın moleküler versiyonlarını kullanacağım. Ken Miller insanda hemoglobinin değişik formlarını üreten genleri ele alır:

Bu kompleksin beş geni tasarımın zarif ürünleri mi, yoksa evrimin varlığına kanıt olarak ortaya atılan hataların sonucu mudur? Salkımın kendisi ya da özel olarak salkımdaki altıncı -globin geni soruyu cevaplamaktadır. Bu gen diğerlerine çok benzer ancak tuhaf bir şekilde hemoglobin üretiminde hiçbir rol oynamamaktadır. Biyologlar böyle bölgeleri sahte gen olarak adlandırırlar. Bunun anlamı şudur: Bu genler iş gören genlere benzese de aslında bir işe yaramamaktadır.[141]

---

[140] Futuyama, D. (1982) *Science on Trial*, Pantheon Boks, New York, s. 207.
[141] Miller, s. 31-32.

Miller okuyucularına sahte genlerin, hücre mekanizmasının protein üretmesi için gereken sinyalleri taşımadığını söylemektedir. Buradan da şu sonucu çıkarmıştır:

Akıllı tasarım teorisi milyonlarca DNA bazı israf ederek ciddi hatalar yaptığını kabul etmezse işe yaramayan sahte genlerin varlığını açıklayamaz. Diğer yandan evrim ise bu olayı rastgele bir gen kopyalanmasındaki başarısız bir tecrübe ile ortaya çıkan evrimsel artıklar olarak kolayca açıklamaktadır.[142]

Bu argüman üç sebepten tatmin edici değildir. Birincisi, bir yapının henüz bir işleve sahip olduğunu keşfetmemiş olmamız, onun gerçekten işe yaramadığını göstermez. Bademciklerin ilk önce bir işe yaramadığı düşünülüyordu, ancak sonradan bağışıklık sistemi için çok önemli olduğu keşfedildi. Bir pitondaki pelvis de şu anda bilmediğimiz bir işe yarıyor olabilir. Bu durum moleküler ölçekte de geçerlidir. Sahte hemoglobin genleri ve protein üretiminde kullanılmayan diğer sahte genler belki de bizim bilmediğimiz bir şekilde kullanılıyor olabilir. Oturduğum yerde hemen aklıma gelen ihtimalleri sıralamak istersem bu görevler DNA replikasyonu sırasında DNA'yı dengelemek için aktif hemoglobin genleriyle bağ yapmak, DNA'nın yeniden sıralanmasına kılavuzluk etmek ve aktif genlerle ilgili protein faktörlerinin hizalanması olabilir. Sahte genlerin asıl görevlerinin gerçekte ne olduğu çok önemli değildir. Burada önemli olan Miller'ın iddialarının sadece varsayımlara dayanmasıdır.

Miller'ın argümanının ikna edici olmamasının ikinci sebebi de, sahte genlerin bir işlevi yoksa evrimin bu sahte genlerin nasıl ortaya çıktığı hakkında bir açıklama yapamayacağıdır. Sahte de olsa bir geni kopyalamak için bir düzine gelişmiş protein gerekmektedir: İki DNA sarmalının birbirinden ayrılması, kopyalama makinesinin doğru yere yaslanması, takma kopyanın DNA'ya geri sokulması ve çok daha fazlası. Miller yazısında, bu fonksiyonlardan herhangi birisinin Darwin'in teorisine uygun bir şekilde adım adım nasıl ortaya çıkmış olabileceği hakkında bir şey söylememektedir. Konuyla ilgili bilimsel makaleleri

---

[142] Miller, s. 32.

nerede bulabileceğimiz hakkında bir bilgi de vermemiştir. Bunu yapamazdı, zira böyle bir bilgi bulunmamaktadır.

Bazı organları evrim için kanıt olarak düşünen Douglas Futuyma gibi insanların hepsi, aynı sorunla karşı karşıyadır. Futuyma, gerçek bir pelvis ya da göz gibi bir organın ilk başta nasıl geliştiği, daha sonra bir organın nasıl oluştuğu hakkında bir açıklama yapmamaktadır. Hem işlevin, hem de organın açıklanması gerekmektedir. Tasarım ya da evrim hakkında her şeyi bildiğimi söyleyemem. Sadece tasarım kanıtlarını inkâr edemediğimi söylemeliyim. Örneğin, bir fotokopi cihazına bir mektup koyar ve bir düzine kaliteli kopya, ve bir tane de üzerine mürekkep sıvanmış kopya alırsam ve sadece kötü kopyaya bakıp fotokopi cihazının tesadüfen ortaya çıktığını söylersem yanılmış olurum.

Görünen hatalara ya da organlara bakıp oluşturulan argümanlar, Diyojen'in mevsimlerin sırasına bakarak oluşturduğu akıllı tasarım argümanındaki tehlikeyi beraberinde getirmektedir. Bir şeyin zaten başka türlü olamayacağını söylemek, bilimsel açıdan bir anlam ifade etmemektedir.

UZUN, ÇOK UZUN ZAMAN ÖNCE

Miller'ın argümanının hatalı olmasının üçüncü sebebi kolayca anlaşılabilir; iki farklı düşünceden kaynaklanan bir kafa karışıklığıdır. Bu fikirler yaşamın akıllı bir tasarım ürünü olması ve dünyanın çok genç olmasıdır. Her iki düşünceyi de kuvvetle savunan dini grupların son yıllarda rağbet görmesi nedeniyle, insanların büyük bölümü bu iki fikrin birbiriyle ilişkisi olduğunu düşünmektedir. Ken Miller'ın sahte genlerle ilgili argümanında dolaylı olarak anlatılan ve savunduğu düşünce için mutlaka gerekli olan fikir, tasarımcının yaşamı kısa bir süre önce tasarlamış olduğudur. *Bu, akıllı tasarım teorisinin bir parçası değildir.* Tasarımın ne zaman gerçekleştiği bilinmeden de yaşamdaki bazı özelliklerin tasarlanmış olduğu sonucuna varılabilir. Rushmore Dağı'na bakan bir çocuk tarih hakkında bir şey bilmese de, onun tasarlanmış olduğunu hemen anlayacaktır. Bildiği tek şey, kendisi oraya gelmeden önce, belki de dünya kurulalı beri o dağın orada olduğudur. Bir müzede binlerce yıl evvel Mısır'da yapıldığı varsayılan bronz bir

kedi heykeli olabilir. Ta ki modern teknoloji ile inceleme yapılıp sahte olduğu ortaya çıkana kadar gerçek öğrenilemeyecektir. Yine de, sahte ya da gerçek, kedi heykeli akıllı tasarım ürünüdür.

Bu kitapta ele aldığım eksiltilemez karmaşıklıktaki biyokimyasal sistemler yakın zamanda üretilmedi. Sistemlerin bizzat kendileri incelendiğinde milyarlarca yıl önce, tasarlanmış olmaları ve günümüze kadar normal hücre çoğalması yolu ile gelmeleri ihtimal dahilindedir. Bu noktayı gözlerde canlandırmak için bir senaryo tahmin edilebilir. Dört milyar yıl önce tasarım sahibinin burada ele aldığımız ya da almadığımız bütün eksiltilemez karmaşıklıktaki biyokimyasal sistemleri barındıran ilk hücreyi yaptığını varsayalım. (Kanın pıhtılaşması gibi daha sonra kullanılacak sistemlerin de tasarlandığı, ancak kapalı durumda olduğu da düşünülebilir. Günümüzdeki organizmaların pek çok geni bir süre, bazen nesiller boyu bir iş yapmazlar, zamanı geldiğinde ise harekete geçerler.) Ayrıca tasarım sahibinin hücreye, tasarıma kanıt olarak öne süremeyeceğimiz başka sistemler de yerleştirdiğini düşünelim. Böylece tasarlanmış sistemler içeren hücre, üremek, mutasyona uğramak, yemek ve yenilmek, kayalara çarpmak ve yaşamın tüm kaprislerine maruz kalmak üzere bir otomatik pilotun idaresine bırakılacaktır. Ken Miller'a göre bu süreçte zaman zaman sahte genler oluşabilir ve karmaşık bir organ işlevsiz hale gelebilir. Bu olaylar, başlangıçtaki biyokimyasal sistemlerin tasarlanmadığı anlamına gelmez. Miller'ın evrim kanıtı olarak düşündüğü hücredeki siğil ve kırışıklıklar ancak yaşlılığın kanıtı olabilir.

Basit fikirlerin gelişmesi şaşırtıcı derecede uzun sürebilir. Bir fikri boğmanın bir yolu, ilgisiz başka bir fikirle birleştirmektir. Akıllı tasarım teorisi mantıksal olarak ilgisiz fikirlerden uzak bir biçimde tek başına ele alınınca, kusurluluk argümanına kolayca cevap veren oldukça sağlam bir teori olarak görünmektedir.

KARMAŞIK BİR DÜNYA

Akıllı tasarım, biyolojik sistemlerde mutasyon ve doğal seleksiyon gerçekleştiğini reddetmez. Harvard University'den Stephen Jay Gould,

pandaların başparmaklarına çok önem vermektedir.[143] Dev panda, bambu diyeti uygulamaktadır. Bambu filizlerindeki yaprakları ayırmak için bileğinden çıkan kemikli bir çıkıntı yardımıyla dalları pençesinde tutar. Ayrıca normal beş parmağı da mevcuttur. Gould'a göre bir tasarımcının pandaya gerçek bir başparmak vermesi gerekirdi. Yani aslında pandanın başparmağı evrim ile bu hale gelmiştir. Ancak Gould'un ulaştığı sonuç, daha evvelden anlattığım sorunlarla karşı karşıyadır. Gould'a göre, tasarımcı kendisi gibi davranacaktı ve pandanın başparmağı başka şekilde olmalıydı. Bu iddiaları evrim kanıtı olarak düşünmektedir. Gould, fikirleri için bilimden asla destek almamıştır: Pandaya faydalı olacak minimum bilek kemiği uzunluğunun ne olduğunu göstermiş ya da hesaplamış değildir; kemik yapısından faydalanmak için gereken davranış değişikliklerini değerlendirmemiştir ve söz edildiği şekilde bir başparmağa sahip olmadan önce pandaların nasıl beslendiklerinden hiç bahsetmemiştir. Yaptığı tek şey bir masal uydurmaktır.

Ancak şimdilik bu soruları bir kenara bırakıp hikâyenin gerçek olduğunu varsayalım. Öyle olsa bile Gould'un panda senaryosu ile akıllı tasarım, neden uyumsuzdur? Pandanın başparmağı bir kara kutudur. Pandanın başparmağının ortaya çıkışında, hücrede yeni bir eksiltilemez karmaşıklıktaki sisteme gerek olmaması tamamen ihtimal dâhilindedir. Hâlihazırda mevcut olan sistemlerin – kas proteinleri ile sinir liflerini yapan, kemikleri ve matriks proteinlerini oluşturan, hücre bölünmesini bir süre devam ettirip sonra durduran sistemler – yeterli olması mümkündür. Bu sistemlerin kendi normal çalışma şeklini değiştiren bazı olaylar karşısında, bir kemik çıkıntısı üretmek için yeterli olmaları mümkündür ve muhtemelen doğal seleksiyon da bu değişimi sevecektir. Bir biyokimyasal ya da biyolojik sistemin tüm bileşenleri bilinmeden, tasarım teorisinin söyleyecek bir şeyi yoktur. Söz konusu sistemin birden fazla etkileşimli parçadan oluştuğu anlaşılmıştır. Akıllı tasarım açısından pandanın başparmağı bir sorun teşkil etmemektedir.

Pek çok farklı şeyin meydana gelebildiği karmaşık bir dünyada yaşıyoruz. Bir jeolog kayaların nasıl şekillendiğini belirlerken çok sayı-

---

143 Gould, S. J. (1980) *The Panda's Thumb*, W. W. Norton, New York.

da etmeni göz önüne alır: yağmur, rüzgâr, buzul hareketleri, yosun ve liken faaliyetleri, volkanik faaliyetler, nükleer patlamalar, gök taşlarının etkileri ya da bir heykeltıraşın eli. Bir kayanın şeklini belirleyen etken ile başka bir kayayı şekillendiren etken farklı olabilir. Bir meteorun etkili olma olasılığı, volkanların göz ardı edileceği anlamına gelmez. Heykeltıraşların varlığı, pek çok kayanın hava durumundaki değişimlerden etkilendiği gerçeğini bir kenara itmez. Evrimci biyologlar da yaşamın gelişimini etkileyen çeşitli faktörler olduğunu kabul etmişlerdir: Doğal seleksiyon, göç, nüfus, kurucu etkileri (yeni bir tür başlatan sınırlı sayıdaki organizmanın etkileri), genetik kayma (nötr, etkisi olmayan mutasyonlar), gen akışı (bir popülasyondan başka bir popülasyona aktarılan genler), bağlantı (aynı kromozomda iki genin olması), mayoz hareket (bir organizmanın cinsiyet hücresi üretimi sırasında, ebeveynlerinden aldığı genlerden birisinin tercih edilmesi), (cinsel ilişki dışındaki yollar ile iki organizmanın gen değiştirmesi) ve çok daha fazlası. Bazı biyokimyasal sistemlerin tasarlanmış olması, başka faktörlerin işlevsel, yaygın ya da önemli olmadığı anlamına gelmemektedir.

BİLİM NE YAPACAK?

Tasarımın keşfi ile yaşamı açıklama çalışmalarında bilimin göz önünde bulundurması gereken faktörlerin sayısı artmıştır. Akıllı tasarımdan haberdar olan farklı bilim dalları ne yapacak? Hücre seviyesinde ya da daha yukarıda çalışan biyologlar tasarım konusuna fazla aldırmadan çalışmalarına devam edebilirler. Zira hücre seviyesinden yukarıdaki organizmalar kara kutulardır ve tasarımın ortaya konulması zordur. Böylece paleontoloji, karşılaştırmalı anatomi, popülasyon genetiği ve biyocoğrafya alanında çalışanlar, bu üst seviyelerde, tasarımın etkisi moleküler bilimler tarafından ortaya çıkarılmadığı sürece tasarım argümanından yardım almamalıdırlar. Tabii ki tasarım ihtimali, araştırmacıların belirli bir biyolojik özelliğin doğal seleksiyon ya da yer değiştirme gibi başka bir mekanizma ile üretildiğini iddia ederken tereddüt etmelerine neden olacaktır. Bir mekanizmanın biyolojik bir özelliği ürettiği iddiasını ele alabilmek için ayrıntılı modeller kurulmalıdır.

Darwin'in evrim teorisinden farklı olarak, akıllı tasarım teorisi modern bilim için yenidir. Bu yüzden cevap bekleyen çok soru ve katedilmesi gereken bir sürü aşama vardır. Moleküler seviyede çalışanlar için hangi sistemlerin tasarlandığı, hangilerinin ise başka mekanizmalar ile ortaya çıktığını belirlemek oldukça uğraştırıcı olacaktır. Bir şeyin tasarım ürünü olduğu sonucuna ulaşmak için, etkileşimli bir sistemin birden fazla ayrılabilir sistemin birleşimi olması yanında, bileşenleri ve oynadıkları roller belirlenmelidir. Tasarımın olmadığı hakkında kuvvetli bir varsayımda bulunmak için bir sistem eksiltilemez karmaşıklıkta olmamalı ya da bileşenleri arasında çok fazla özelleşme olmamalıdır. Tasarımın sınırda olduğu durumları belirlemek için bir sistemin kademeli bir şekilde gelişmiş olabileceğinin deneysel ya da teorik olarak açıklanması veya sistemin gelişiminin süreksiz olmak zorunda olduğu durumların gösterilmesi gerekir.

Gelecekteki araştırmalar farklı yönlerde ilerleyecektir. Tasarlanmış sistemlere ait bilginin uzun bir süre uykuda mı olduğu, yoksa bilginin, sistem işlevsel hale gelmeden kısa bir süre önce mi eklendiğini ortaya çıkarmak için çalışmalar yapılabilir. En basit tasarım senaryosu, kendi soyundan organizmalar üretmek için gerekli tüm bilgiyi hâlihazırda içeren – milyarlarca yıl önce teşekkül etmiş – tek bir hücre varsayımında bulunur. Diğer çalışmalar da bilgiyi kodlamak için (bilginin çoğunun dolaylı olduğu akıldan çıkarılmamalıdır) ne kadar DNA gerektiğini hesaplama girişimiyle bu senaryonun doğruluğunu test edebilir. Eğer DNA'nın yetersiz olduğu ortaya çıkarsa, bilginin hücrede başka yollarla – örneğin başka bir yerde – saklanıp saklanmadığı araştırmaları başlatılabilir. Daha büyük, birleşik (iki ya da daha fazla eksiltilemez karmaşık sistem içeren) sistemlerin aşamalı bir şekilde mi geliştiği yoksa, eksiltilemez karmaşık sistemlerin bileşiminden mi oluştuğu üzerine yoğunlaşan başka araştırmalar da yapılabilir.

Yukarıdakiler tasarım teorisi ile akla gelen sorulardır. Tasarımla ilgilenen bilim adamlarının sayısı arttıkça, daha fazla ve daha mantıklı soruların sorulacağı aşikârdır. Akıllı tasarım teorisi, çözümsüz problemlerin uygun bir çözümünü bulmak için çalışan bilim dalının yeniden canlanacağını vaadetmektedir. Tasarımın keşfiyle ortaya çıkan entelektüel rekabet, profesyonel bilim literâtürüne daha net analizler

yapma imkânı verecek ve iddiaların daha sağlam verilerle desteklenmesini sağlayacaktır. Teori, başka türlü akla gelmeyecek yeni deneysel yaklaşımlara ve yeni hipotezlere yol verecektir. Özenli bir akıllı tasarım teorisi, yıllarca can çekişen bir bilim dalında gelişmeler için kullanışlı bir araç olacaktır.

XI. BÖLÜM
BİLİM, FELSEFE, DİN

ÇELİŞKİ

Modern biyokimya son kırk yılda hücrenin sırlarını çözmüştür. Bu ilerleme kolay olmamıştır. On binlerce gönüllünün, yaşamlarının en güzel dönemlerini sıkıcı laboratuar çalışmalarına vermesi gerekmiştir. Lisans öğrencileri Cumartesi geceleri ayaklarında bağlanmamış tenis ayakkabılarıyla laboratuarda dolanırken, doktora öğrencileri haftanın yedi günü on dört saat çalıştılar. Önemli tezleri daha da sağlamlaştırmak isteyen profesörler, politikacılardan maddi yardım alma umuduyla yaptıkları çalışmalar yüzünden, çocuklarını ihmal etmek zorunda kaldılar. Tüm bunlar bilimsel araştırmalarda biraz daha ilerleyebilmek içindir. Yaşam hakkında moleküler seviyede sahip olduğumuz bilgi, sayısız deneylerle ilmek ilmek örülmüştür. Bu deneylerde proteinler saflaştırılmış, genler klonlanmış, elektron mikro grafikleri alınmış, hücre kültürleri oluşturulmuş, yapılar belirlenmiş, dizilimler karşılaştırılmış, parametreler değiştirilmiş ve kontrol yapılmıştır. Raporlar yayınlanmış, sonuçlar elden geçirilmiş, inceleme yazıları yazılmış, açmazlar araştırılmış ve yeni girişimlerde bulunulmuştur.

Hücreyi – yani yaşamın moleküler seviyesini – incelemek için harcanan bu kümülatif çabaların sonucu, yüksek sesli, net ve delici bir çığlıktır: "Tasarım!" Sonuç gayet açık ve önemlidir. Öyle ki bilim tarihindeki en büyük başarılardan birisi sayılmalıdır. Bu buluş Newton ile Einstein, Lavoisier ile Schrödinger, Pasteur ve Darwin'e muhalefet etmektedir. Yaşamdaki akıllı tasarımın keşfi, dünyanın güneş etrafında döndüğünün, hastalıklara bakterilere sebep olduğunun ya da radyasyonun kuantumdan yayıldığının keşfi kadar önemlidir. Yıllarca süren yoğun çabaların ardından elde edilen bu zaferin büyüklüğü, dünyanın her tarafındaki laboratuarlarda şenlikler yapılması gerektiğini düşündürmektedir. Hep bir ağızdan "Eureka!" diye bağırılmalıydı. İnsanlar sevinçle ellerini çırpmalıydı.

Ama olmadı. Hücrenin belirgin karmaşıklığı karşısında etrafı meraklı ve utangaç bir sessizlik kapladı. Durum açıklandığı zaman ayaklar dolaşmaya, nefes alıp vermeler zorlaşmaya başladı. İnsanlar kendi başlarına biraz daha rahattı, çoğu gördüğünü açıkça kabul etti. Ancak daha sonra yere bakıp başlarını sallayarak işi oluruna bıraktılar.

Bilim dünyası bu sarsıcı keşfi benimsemekte neden isteksiz davrandı? Tasarım neden entelektüel bir perspektiften ele alındı? Çelişkinin sebebi, filin bir tarafında akıllı tasarım yazarken diğer yanında da Allah yazmasıdır.

Bilim adamı olmayan birisi şu soruyu soracaktır: Peki ne olacak? Allah'ın var olduğu fikri baskın biçimde kabul edilmektedir. Anketler Amerikalıların yüzde 90'ının Allah'a inandığı ve yarısının da dini merasimlere düzenli olarak katıldığını göstermektedir. Politikacılar (özellikle seçim dönemlerinde) Allah'ın adını büyük bir özenle anmaktadırlar. Pek çok futbol antrenörü maçlardan önce takımlarına dua ettirmekte, müzisyenler ilahiler bestelemekte, ressamlar dinsel olayları tasvir eden resimler çizmekte, iş adamları ibadet amacıyla bir araya gelmektedir. Hastane ve hava limanlarında küçük ibadet yerleri bulunmaktadır. Ordu ve Kongre'de papazlar istihdam edilmektedir. Bir millet olarak, eylemleri Allah inancından kaynaklanan, Martin Luther King gibi şahsiyetlerle gurur duyarız. Halkın kabul etmesine rağmen, bilim dünyası toplumun büyük bölümünün inandığı şeyleri destekleyen bir teoriyi kabul etmekte zorlanmıştır? Bunun birkaç sebebi vardır.

Birisi çoğumuzun bağnazlığın etkisi altında olmamızdır. Diğer nedenler bilime özgü tarihsel ve felsefi ilişkilere bağlıdır. Bu çeşitli sebepler karmaşık bir şekilde birbirleriyle etkileşim halindedir, ancak şimdi bunları ayırmaya çalışacağız.

SADAKAT

Yaşamlarını asil bir amaca adayanlar genelde o amaca şiddetle bağlı olurlar. Örneğin, bir kolej yöneticisi bütün çabasını okulunu kuvvetlendirmeğe adayabilir, zira eğitim saygın bir hizmettir. Bir subay kendi hizmet dalını güçlendirmeye çalışabilir, zira ülke savunması değerli bir amaçtır. Ancak bazen belirli bir kuruma duyulan bağlılık, o kurumun amaçladığı hizmet ile çıkar çatışmasına neden olabilir. Bir hava subayı birliğini hücuma gönderdiği zaman zafer kazanıp kahraman olma şansı vardır, ancak neler olacağını bekleyip öyle harekete geçmek daha mantıklı bir taktik olabilir. Kolej yöneticisi eyaletin kongre üyesinden, başka türlü eğitime daha faydalı olabilecek bir parayı kampuste yeni bir bina yaptırmak için ayırmasını isteyebilir.

Bilim, şiddetli bağlılığa neden olan soylu bir amaçtır. Bilimin amacı görünür dünyayı açıklamaktır ve bu çok ciddi bir girişimdir. Ancak diğer akademik disiplinler (özellikle felsefe ve teoloji) de dünyayı açıklamaya çalışırlar. Genellikle her biri kendi yolundan gitse de zaman zaman çatıştıkları olur. Bu olduğu zaman da bazı insanlar savundukları disiplini dünyayı açıklama amacının önüne geçirir.

Robert Shopira'nun *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth* adlı kitabı düşünsel bağnazlığa iyi bir örnektir. Yaşamın kökeni ile ilgili bilimsel çalışmaları yıkıcı ve kolay okunur bir tarzda eleştirdikten sonra – "görünür dünyayı açıklama" amacına değil, bilime duyduğu – kendi sabit düşünceli bağlılığını açığa vurmaktadır:

Gelecekte yaşamın kaynağını keşfetmek için yapılan bütün kimyasal deneylerin açıkça başarısız olduğu günler gelebilir. Daha da ötesi yeryüzünde yaşamın aniden başladığına dair coğrafi kanıtlar bulunabilir. Son olarak evreni keşfetmiş ve dünya dışında bir yerde ne yaşam ne de yaşamı başlatacak bir prosese rastlamamış olabiliriz. Bu durumda bazı bilim adamları bir cevap bulabilmek için dine döneceklerdir. Bu-

nunla birlikte benim de dahil olduğum grup hala ortalıkta dolanan ve mantıklı olabilecek başka bilimsel açıklamalar ile çözüm bulmaya çalışacağız.[144]

Shopiro şu anda durumun o kadar da kötü olmadığını söyleyerek kendi yazdıklarıyla çelişmektedir. Bütün deneylerin "açıkça başarısız" olacağı bir zamanın asla gelmeyeceği konusundaki bilgiye güvenmektedir. Yani Loch Ness canavarının olmadığı, mutlak bir biçimde asla ispatlanamayacaktır. Evrenin tamamen keşfedileceği zaman ise oldukça uzaktır.

Şimdi tarafgir olmayan birisi, en muhtemel görünen bilimsel hipotezlerin hiçbirisinin sonuç vermemesi durumunda, tamamen farklı açıklamaların devreye girmesini bekleyebilir. Hepsinin ötesinde yaşamın kökeni tarihsel bir olaydır – yani bilimin başarılı oluncaya kadar sürdüreceği kanser tedavisi araştırması gibi değildir. Yaşamın kaynağı, Shopiro'nun dediği gibi yönetilmeyen kimyasal reaksiyonlarla ortaya çıkmamış da olabilir. Yine de araştırmada aktif yer alanlar için tasarım düşüncesi tatmin edicilikten son derece uzaktır. Yaşamı üretmek için kullanılan mekanizmalarla ilgili bilginin ulaşılamaz olduğunu bilmek, pek çok bilim adamı için sinir bozucudur. Yine de ön yargılarımızın bizi doğru bilgiye karşı adil bir yaklaşımdan alıkoymasına izin vermemeliyiz.

Bir geleneğe karşı sadakat iyi bir şeydir, ancak salt bağlılık bir argüman değildir. Yaşamın nasıl ortaya çıktığını açıklamaya çalışan teorilerdeki bilimsel bağnazlık, göz önünde bulundurulması gereken önemli bir sosyolojik olaydır. Ancak akıllı tasarım açısından olaya yaklaşıldığında entelektüel olarak hiçbir önemi yoktur.

TARİH DERSİ

Bilimin fil ile ilgilenmekte isteksiz davranmasının ikinci sebebinin kökü tarihe kadar uzanır. Darwin'in evrim teorisi ilk ortaya atıldığından beri bilim adamları ile teologlar çatışma içerisinde olmuştur. Bilim adamları ile teologların çoğu Darwin'in teorisi ile temel dini inançların

---

144 Shapiro, R. (1986) Origins: *A SkepticS Guide to the Creation of Life on Earth*, Summit Boks, New York, s. 130.

uzlaşabileceğini düşünse de kamuoyu çatışmaya odaklanmıştır. Anglikan piskoposu Samuel Wilberforce ile evrim teorisinin şiddetli savunucusu bir bilim adamı olan Thomas Henry Huxley, Darwin'in kitabının yayınlanmasından bir yıl sonra bir tartışma yapınca gerginlik başlamıştı. İyi bir teolog ancak biyoloji bilgisi oldukça zayıf olan piskoposun konuşmasını "Merak ediyorum, Huxley, büyükbaba ya da büyükannesinin maymundan geldiğini mi düşünüyor?" sorusuyla bitirdiği anlatılmaktadır. "Allah onu benim elime düşürdü" gibi bir şeyler mırıldanan Huxley, piskopos ve diğer dinleyicilere kapsamlı bir biyoloji dersi vererek konuşmasını sürdürmüştür. Huxley sunumun sonunda büyükbaba ya da büyükannesinin bir maymunla akrabalığı olup olmadığını bilmediğini, ancak piskoposun mantığına sahip olmaktansa atalarının maymun olmasını tercih ettiğini söylemiştir. Hanımlar baygınlık geçirirken bilim adamlarının yüzünde bir gülümseme belirmiş ve gazetelere şu manşet atılmıştır: "Bilim ve Teolojinin Savaşı."

Amerika'da halkın din ve bilim ilişkisine bakışını belirleyen olay Scopes davasıdır. Dayton'un küçük bir kasabası olan Tenessee'deki bir lisede biyoloji öğretmeni olan John Scopes, evrimin öğretilmesini yasaklayan eyalet yasasını çiğnediğini belirtip gönüllü olarak tutuklanmıştır. İyi bir avukat olan Clarence Darrow'un savunma avukatı olurken üç kez seçimi kaybeden başkan adayı William Jenning Bryan'ın da davacı tarafında yer alması, medyanın olaya yönelik ilgisini kesinleştirmiştir. Scopes'un tarafı davayı kaybetse de onun mahkûmiyeti teknik detaylarla ilgili değildi. Daha da önemlisi din ile bilim arasında açık bir husumet ortaya çıktı.

Scopes davası ve Huxley-Wilberforce tartışması yıllar önce yaşandı ancak daha yakın zamanda meydana gelen hadiseler, kavganın alttan alta devam ettiğini göstermektedir. Son on yıldır dünyanın (yaklaşık on bin yıl gibi) nispeten genç olduğuna inanan dini gruplar, bu görüşü okullarda çocuklarına öğretmeye çalıştılar. Duruma müdahil olan sosyolojik ve politik faktörler – dini özgürlükler, ebeveyn hakları, hükümetin eğitim üzerindeki denetimi ve eyalet yasalarıyla federal yasaların karşı karşıya gelmesi gibi bölücü olabilen konuların güçlü bir

karışımı – çok karmaşıktır ve kavga çocuklarla ilgili olduğu için tümüyle duygusaldır.

Dünyanın yaşı fiziksel ölçümlerle belirlenebildiği için, bilim adamlarının büyük bölümü, dini grupların kendi uzmanlık alanlarına girdiğini düşünerek onları açıklama yapmaya davet etmişlerdir. Bu gruplar genç bir dünya iddiasını desteklediğini söyledikleri delilleri ortaya koydukları zaman, bilim adamları tarafından yetersizlik ve ön yargılı olmakla suçlanmışlardır. İki tarafın da birbirine karşı kini artmıştır. Bu kin kısmen kurumsallaşmıştır; örneğin, on yıl kadar önce –yaratılışçılıkla uyumlu kanunlar eyalet meclisinde kabul edilmekteyken– okullardaki müfredatı etkilemeye çalışan yaratılışçılar ile mücadele için National Center for Science Education adlı örgüt kurulmuştur.

Bu çatışmalar günümüze dek devam etti. *Scientific American* dergisi, 1990'da Forrest Mims adlı bilim adamının "Amatör Bilim Adamı" köşesi için yazı yazmasını istedi. Bu yazılarda yıldırımın uzunluğunu ölçmek, taşınabilir rasathane yapmak ve yer hareketlerini ölçmek için bir ev sismografı yapmak gibi, bilimi hobi olarak gören insanlar için eğlenceli konular anlatılıyordu. Editör ve okurların sevmesi durumunda Mims'in, dergide sürekli yazacağı düşünülüyordu. Her şey yolunda gidiyordu, ancak bir gün Mims bir röportaj için New York'a çağrıldı ve konuşma sırasında evrime inanıp inanmadığı soruldu. Cevap "hayır" oldu; İncil'de anlatıldığı şekilde yaratılışa inanıyordu.

Dergi onu istihdam etmeyi reddetti. Yaratılışçı birinin yazar kadrosunda yer almasının, Mims'in iyi eğitimli olmasına ve evrim hakkında yazma planı bulunmamasına rağmen, *Scientific American*'ın bilim dünyasındaki itibarını zedeleyeceğini düşünüyorlardı. Dergi editörlerinin kafasında beliren şey, *Inherit the Wind* (Scopes davasını andıran bir yapım) filminden ve yaratılışçılar ile siyasi hasımları arasındaki çekişmeyi anlatan haber kliplerindeki sahnelerdi. Mims olayındaki gibi geniş yankı bulan küçük anlaşmazlıklar – yeryüzünde yaşamın nasıl ortaya çıktığı konusundaki gerçek entelektüel konularla doğrudan bir ilgisi olmasa da – bilim ile din arasındaki yangını körükleyerek, insanları taraflardan birine dâhil olmaları gerektiğine inandırdı.

Bilim adamları ile dini grupların karşı karşıya geldikleri tarihi olaylar gerçektir ve gerçek duygusal tepkilere neden olmuştur. Bazı iyi

niyetli insanlar, iki taraf arasında tarafsız bir bölge oluşturularak anlaşma çabalarının da engellenmesi gerektiğini düşünmüşlerdir. Bununla birlikte bilimsel bağnazlık gibi, yaşamın nasıl ortaya çıktığı üzerine yaşanan tarihi çatışmaların etkisi aslında sıfırdır. Biyokimya buluşlarının tarihin gölgesinden bağımsız olarak değerlendirilebileceğine safça inananlardan değilim, ancak elden geldiğince yapılmaya çalışılan bu olmalıdır.

Akıllı tasarım düşüncesine karşı geliştirilen felsefi argümanlar, bağnaz ve tarihi tartışmaların aksine, daha somut verilerle hareket etmektedir. Konuya duygusal değil entelektüel bir seviyeden yaklaşmışlardır. Birden fazla felsefi mesele vardır ve şimdi bunları inceleyeceğiz.

KURAL

Richard Dickerson ünlü bir biyokimyacı olup, National Academy of Science'a seçilmiştir. Protein ve DNA üzerinde x-ışını kristalografisi çalışmalarında uzmandır. O ve laboratuarının diğer çalışanları yaşamın moleküllerini anlamamız için önemli çalışmalar yapmışlardır. ABD'deki en ünlü bilim adamı değildi. Yaptığı çalışmalar da en parlak çalışmalar değildi. Ancak yine de pek çok bilim adamı onun gibi olmayı hayal etmektedir. O, kendine has bir insandır ve mesleki açıdan içinde bulunduğu durum, binlerce lisans öğrencisinin gece gündüz laboratuarda çalışırken onun gibi bilim dünyasında saygınlık kazanmış biri olmayı hayal etmesine sebep olmaktadır.

Dickerson'un yayınlanan görüşleri, bilim adamlarının din dünyası hakkındaki görüşlerini yansıtmaktadır. Dickerson birkaç yıl önce bilimi ve dini karşılaştıran görüşlerini özetleyen bir makale yazmış ve bu makale, hem *Journal of Molecular Evolution* (seküler bir bilim dergisi) hem de *Perspectives on Science and Christian Faith*'te (aynı zamanda Evanjelik Hıristiyan olan bilim adamlarının kurduğu American Scientific Affiliation tarafından yayınlanan bir dergi) yayınlanmıştı. Buradaki yazılarında Dickerson'un ulaşmaya çalıştığı insanlar, sadece kendi görüşünü paylaşanlardan oluşmuyordu. Farklı düşünen kişileri de mantıklı argümanlarla ikna etmeye çalışıyordu. Dickerson'un makalesi, pek çok bilim adamının bilim görüşü ile uyuş-

tuğu için akıllı tasarım teorisi ile bilimin nasıl uygun olduğunu düşünmek için bir sıçrama tahtası olarak kullanılabilir:

Bilim temel itibariyle bir oyundur. Bir tane baskın ve tanımlayıcı kuralı olan bir oyun:

Kural 1: Fiziksel ve maddi evreni doğaüstü güçlere atıf yapmadan tamamen fiziksel ve maddi kavramlarla nasıl ve ne kadar açıklayabileceğimize bakalım.

İşlemsel bilim, doğaüstü güçlerin varlığı ya da yokluğu ile ilgilenmez; sadece bu faktörün bilimsel açıklamalara dâhil edilmemesini ister. Açıklama olarak özel amaçlı mucizelerden bahsetmek entelektüel "gevezeliktir". Bir satranç oyuncusu turnuva sırasında rakibinin şahını tahtadan alıp kırabilir, ancak bu onu şampiyon yapmaz. Zira kurallar izlenmemiştir. Bir atlet oval pistte kısa yoldan bitiş çizgisine ulaşabilir. Ancak bu spor kuralları içerisinde kazanma anlamına gelmediği için bir anlam ifade etmeyecektir.[145]

Dickerson'un kanununu yeniden ifade edelim: Bilim sadece doğal nedenlerden bahsetmeli ve açıklamalarını sadece doğal nedenlere atıf ile yapmalıdır.[146] Şimdi "ne kadar yapabildiğimize bakalım" sözleri ile ima edilen şey açığa çıkmıştır.

---

[145] Dickerson'un makalesi için bkz. *Journal of Molecular Evolution, 34*, 227 (1992) ve *Perspectives on Science & Christian Faith, 44*, 137- 138 (1992).

[146] Yeniden düzenlenmiş kural bilim felsefecisi Michael Ruse'un 1981'de Arkansas'ta kabul edilen "Yaratılışçı Bilim ile Evrimci Bilimi Dengeli Uygulama Yasası"nın yasallığını belirleme çalışması sırasında bilimin tanımlayıcı karakteristiklerini ortaya koyduğu kural ile aslında aynıydı. Yargıç William Overton'un yasanın iptal edilmesi görüşü de büyük oranda Ruse'un fikirlerine dayanıyordu. Bu görüş diğer bilim felsefecileri tarafından yakışıksız olmakla eleştirildi. Konuyla ilgili deneme yazıları için bkz Ruse, M., ed. (1988) *But Is It Science?* Prometheus Booksi Buffalo, NY.

Ruse'un görüşlerini tekrarlayan Yargıç Overton bilim hakkında şunları yazmıştır: "(1) Doğa kanunları ona kılavuzluk eder; (2) Doğa kanunlarına atıf yaparak açıklama yapmalıdır; (3) Deneysel olarak test edilebilir olmalıdır; (4) Sonuçlar kesinlik ifade etmeyebilir yani nihai sözü söylemek zorunda değildir ve (5) Yalanlanabilir (Ruse ve diğer bilim adamlarının şahitliği ile)". Diğer bilim felsefecileri Overton'un görüşünü hor görmüşlerdir. Philip Quinn şunu yazmıştır: "Ruse'un görüşleri bilim filozoflarının görüşlerinin yerleşik bir konsensüsünü yansıtmamaktadır. Bazıları açıkça yanlış iken bazıları da açıkça yanlış olan argümanlara dayanmaktadır" (Ruse, 1988, s. 384). Larry Laudan sorunları şöyle sıralar: "Bazı bilimsel teoriler başarıyla test edilmiştir, bazıları edilmemiştir. Bazı bilim dalları hızlı bir gelişme gösterirken bazıları göstermez. Bazı bilimsel teoriler şaşırtıcı fenomenler hakkında pek çok öneride bulunurken bazıları sadece birkaç tez geliştirebilmiştir. Bazı bilimsel hipotezler geçici iken bazıları değildir. Bazıları tümevarımı başarırken bazıları başaramamıştır" (Ruse, 1988,

Yani Dickerson makalesinde, doğaüstünün ("üst akıl" da denebilir) doğayı asla etkilemediğine dair bilimsel bir kanıttan bahsetmez. Daha ziyade bilimin doğaüstüne başvurmaması gerektiğini iddia eder. Buradaki açık doğru olsun ya da olmasın, ona başvurulmaması gerektiği söylenmektedir. Dickerson'un tezini değerlendirirken American Scientific Affiliation üyesi olması ve Tanrı'ya inanmasını göz önünde bulundurmalıyız. Doğanın üstünde bir güç olmadığını düşünmek için hiçbir gerçekçi nedeni yoktur, ancak doğal bir olay için doğaüstü bir açıklama sunan bir bilimin iyi bir bilim olmadığını düşünmektedir.

Aklıma gelmişken, Tanrı'ya ya da doğaüstü bir güce inanan bilim adamlarının sayısı popüler medyadaki hikâyelerin aksine oldukça yüksektir. Zaten Tanrı'ya inananların oranının yüzde 90 olduğu bir ülkede, bilim adamlarının da farklı olması beklenmemelidir. Son bölümde ele aldığım eksiklik argümanının sahibi Ken Miller da benim gibi Roma Katolik Kilisesine bağlıdır ve topluma açık konuşmalarında, evrim inancının dini görüşlerine büyük ölçüde uyum göstermediğini söylemektedir. Ben de bu konuda ona katılıyorum.[147] Yine de biyokimyasal sistemlerin Darwin'in teorisine uygun ortaya çıkıp çıkmadığı sorusu açısından, yukarıdaki iki inancın uyuşup uyuşmaması bir anlam ifade etmemektedir.

Dickerson'un iddiasının tek başına bilimsel olmadığını görmek önemlidir. Bir laboratuarda yapılan deney sonucu keşfedilmemiştir.

---

s. 348). Laudan Overton'un görüşüne istisna teşkil eden pek çok örnek göstermiştir: "Doğa kanunlarıyla açıklama gereksinimi bir iddianın bilimsel olup olmadığına karar vermek için tümüyle uygunsuzdur. Bilim adamları yüzyıllar boyunca bir fenomenin varlığını tespit etmek ile o fenomeni kurallara uygun açıklama arasındaki farklarla karşılaşmışlardır... Galileo ve Newton, yer çekiminin nedeni açıklanmadan çok önce, kendilerini yer çekiminin varlığını ispata adadılar. Darwin, doğal seleksiyonun bağlı olduğu kalıtım yasaları genetikçiler tarafından ortaya çıkarılmadan neredeyse yarım yüzyıl önce doğal seleksiyonun varlığını tespit etmeye çalıştı" (Ruse, 1988, s. 354). Lauden sevinmek için bir neden görmemektedir: "Arkansas davasında kazanılan boş bir başarıdır. Zira bilimin ne olduğu ve nasıl iş gördüğü hakkında kalıplaşmış yanlış bir düşünceyi sürdürmek ve baş tacı etmek dışında bir başarısı yoktur" (Ruse, 1988, s. 355).

[147] "Evrim" ve "din"in uyumluluğu tabii ki yüklediğiniz anlamlara bağlıdır. Eğer birisi evrimin kesintisiz doğa kanunları ile ortaya çıkmanın yanında sürecin metafiziksel anlamda amaçsız ve önceden tespit edilmemiş bir şey olduğunu söylerse pek çok dini grupla çatışma yaşayacaktır. Philip Johnson'ın *evrim* kelimesinin kullanıldığı anlamları ve değişen anlamların kamuoyunda nasıl tartışmalara yol açtığını gösteren çalışması takdire değerdir. Johnson, P. E. (1991) *Darwin on Trial*, Regnery Gateway, Washington, DC.

Bir test tüpünde kimyasal maddelerin karıştırılmasıyla elde edilmemiştir. Test edilebilir bir hipotez değildir. Gerçekte felsefi bir argümandır. İyi bir felsefe olabilir ya da olmayabilir. Şimdi biraz daha yakından bakalım.

Çoğu insan, "bilimin aslında bir oyun" olduğunu öğrendiklerinde şaşıracaktır. Bilimi desteklemek için yılda birkaç milyar dolar vergi ödeyenler şaşıracaktır. Muhtemelen paralarının kanser, AIDS ve kalp hastalıkları için ilaç ve tedavi bulma amacıyla harcandığını düşünmektedirler. Onlar bilimin, gerçekle ilgisi olmayan bir oyun oynamak yerine yaşlılıkta yakalandıkları ya da yakalanabilecekleri hastalıklar için tedavi yöntemleri bulmasını beklemektedirler. Darwin ya da Newton'un bilim hakkında böyle düşündüğünden şüpheliyim. Bilim dünyasının ünlü isimleri gerçek dünyayı öğrenme açlığıyla hareket etmektedirler ve Galile gibileri de bu bilgi için bir bedel ödemişlerdir. Öğrenciler açısından bakacak olursak ders kitapları bilimi bir oyun değil, gerçeğin peşinde asil bir araştırma çabası olarak sunmaktadır. Sıradan vergi mükelleflerinden önemli bilim adamlarına kadar pek çok kimse bilimi bir oyun değil, *görünen dünya hakkında gerçeği açıklama yolunda gayretli bir girişim olarak* görmektedir.

Bilimin bir oyun olduğu iddiası üstünkörü bir araştırmanın bile karşısında duramaz. Sorgulama biraz uzun sürdürülürse hiç kimse bu iddiayı ciddi olarak savunamayacaktır. Muhtemelen Richard Diclerson'un bizzat kendisi bile şüpheci bir dinleyici topluluğu karşısında sözünü hemen geri alacaktır. Açıkça görünüyor ki Dickerson'un aklında başka bir şey vardır. Belki de bilimin bir oyun gibi kurallara bağlı olduğunu kastetmiştir. Ceza davaları ya da siyasi kampanyalar gibi faaliyetler kurallara bağlıdır. Peki ya bilim? Eğer bilim de kurallara bağlıysa bu kurallar nelerdir?

Şimdi ikinci soruya cevap arayalım. Dickerson sadece bir kuraldan bahsediyor ki o da doğaüstünü dışarıda bırakmaktır. Bu kural nereden çıkmıştır? Bir kitapta mı yazmaktadır? Bilim çevrelerinin yönetmelik maddesi midir? Hayır, tabii ki değil. Bu ülkenin bütün önemli üniversitelerindeki tüm bilimsel ders kitaplarını tarasanız bile, "baskın ve tanımlayıcı bir kural" göremezsiniz. Bilim çalışmalarında

kısıtlamalar getiren yasaklar da bulamazsınız (dürüstlüğü teşvik eden vs. kurallar dışında).

Yine de Dickerson'un koyduğu kuralın bilime nasıl yardımcı olacağını soralım. Bu kural bize bilimin yetersiz kaldığı konuları mı söylüyor? Bilim ile sahte bilimi ayırmamıza yardım mı ediyor? Bilimin ne olduğunu mu tarif ediyor? Hepsinin cevabı "hayır"dır. Birkaç yıl önce Nobel Ödüllü bir bilim adamının yazdığı bir makale, önemli bir bilim dergisinde yayınlandı. Makalede başkalarına yardım etmek için çocuk sahibi olmaktan feragat edenler (Rahibe Teresa gibi), evrimsel üreme stratejileri açısından analiz ediliyordu.[148] Böyle bir "bilim" Dickerson'un kuralını ihlal etmez. Dickerson'un "baskın ve tanımlayıcı bir kural"ı, gözden düşmüş 19. yüzyıl frenoloji (insanların kafataslarına bakıp zekâ ve karakterlerine göre sınıflandırma girişimi) bilimini hoş görecektir. Onun kuralı Marksizm ve Freudizm, tarih ve akıl "bilimleri"nin, meşruiyeti hakkında bize kılavuzluk etmez. Hastaları tedavi amacıyla vücutlarına sülük koyma ya da ateşini düşürmek için kan akıtmanın işe yarayıp yaramayacağını söylemez. Böylece belirsiz ve anlaşılması zor bile olsa, sadece fiziksel açıdan olaya yaklaşan her şey Dickerson'un kuralına göre bilimsellik iddiası taşıyabilir.

Aslında, Dickerson'un kuralı "müşteri daima haklıdır" gibi mesleki bir özdeyişi andırmaktadır. Meslekte eski olanların genç meslektaşlarına aktarmak istediği, inanarak yaşadığı, doğru olduğunu düşündüğü ve bilgelik içerdiğine inandıkları bir özdeyiş gibidir. Dickerson'un kuralının arkasında ise yıldırım ve fırtınayı tanrıların yaptığına inanan Vikingler ile hastaları iyileştirmek için kötü ruhları kovmaya çalışan büyücü doktorlar gibi bulanık imgeler vardır. Modern bilime yakın olanlar ise, Isaac Newton'un ileri sürdüğü "Allah'ın Güneş Sistemi"ni stabilize etmek için müdahalede bulunduğu iddiasında. Doğaüstünün bir açıklama olarak ortaya konulması durumunda, onu durduracak hiçbir şeyin olmayacağı düşüncesi bazılarını endişeye sevk etmektedir. Yani aslında doğa kanunlarıyla açıklanabilecek

[148] Simon, H. (1990) "A Mechanism for Social Selection and Succesful Altruism", *Science*, 250, 1665-1668.

pek çok şey için doğaüstüne sık sık atıfta bulunulmasından korkulmaktadır. Peki, bu geçerli bir endişe midir?

İnsan davranışı önceden tespit edilemez ancak, doğaüstünün bilimin her yerinde karşımıza çıkarılacağı endişesi bence oldukça abartıdır. Eğer benim öğrencilerimden birisi ofisime gelip bir ölünün ruhunun bakteri kültürünü öldürdüğünü söylerse, ona inanmak konusunda hiç de istekli davranmam. *Journal of Biological Chemistry*'nin, enzim faaliyetlerinde ruhların düzenleme yaptığını anlatan bir makale yayınlaması muhtemel görünmemektedir. Bilim son beş yüz yılda, evrenin genellikle büyük bir düzen içerisinde hareket ettiğini ve pek çok fiziksel fenomenin basit yasalar ve beklenen davranışlar ile açıklanabildiğini öğrenmiştir. Bilim tarihçileri, bilimin Ortaçağ Avrupası gibi dindar bir toplumda ortaya çıktığını vurgulamaktadır. Bu toplumun dini inançlarındaki Allah rasyonel, anlaşılabilir ve kurallara bağlı bir evren yaratmıştır.[149] Hem bilim hem de din, dünyanın sabit bir yer çekimi kanununa göre döndüğünde hemfikirdir.

Tabii ki istisnalar mevcuttur. Bazen emsalsiz tarihi olayların bir şeylere atıf yapılarak açıklanması gerekebilir. Fosil kayıtları yaklaşık 60 milyon yıl önce, tüm dinozorların kısa bir jeolojik dönemde öldüğünü göstermektedir. Bunu açıklamak için önerilen teoriye göre büyük bir meteor dünyaya çarparak, atmosfere toz bulutlarının dağılmasına neden olmuş ve bu da muhtemelen besin zincirini bozarak bitkilerin ölmesine neden olmuştur. Bazı dolaylı kanıtlar bu hipotezi desteklemektedir. Örneğin, dünyada az ancak meteorlarda yoğun bulunan iridyum miktarı o döneme ait bazı kayalarda yüksektir. Bu hipotezi doğru kabul eden çok sayıda bilim adamı vardır. Yine de her şeyin sebebinin meteorlar olduğunu öne süren bir tez yoktur. Hiçkimse Büyük Kanyon'un meteorlar tarafından yapıldığını ya da Kuzey Amerika'daki atların neslinin meteorlar yüzünden tükendiğini söylememektedir. Astım hastalığına küçük, gözle görülemeyen meteorların neden olduğunu, küçük meteorların fırtınaları yaptığını söyleyen kimse yoktur. Dinozor neslinin tükenmesinde bir meteorun rolü olduğu hipote-

---

149 Değişik dini kültürlerin bilimin gelişimine etkisi için bkz. Jaki, S. (1986) Science and Creation, Scottish Academic Pres, Edinburgh.

zi, özel bir tarihi olayın fiziksel kanıtlarına göre değerlendirilmiştir. Eğer diğer tarihi olayların değerlendirilmesinde de meteorlara atıf yapılacaksa, her bir durum için kanıtlar değerlendirilmelidir.

Aynı şekilde yaşamın gelişmesinde ya da başka tarihi olaylarda akıllı bir tasarımcının rolü her duruma göre değerlendirilmelidir. 9. bölümde görüldüğü üzere bazı biyokimyasal yollar için en muhtemel senaryo akıllı tasarım iken, bazılarında bunu tespit etmek mümkün değildir. Eğer bir bilim adamı başka olaylar için de akıllı tasarımdan bahsederse görülebilir kanıtları ortaya koyma sorumluluğu vardır. Bilim dünyası kendi sağlıklı şüpheciliği karşısında kolay aldanacak kadar zayıf değildir.

Dickerson'un makalesinin arkasında yatan başka bir endişe de "bilimsel metot" kaygısıdır. Hipotezler, dikkatli testler, tekrarlanabilirlik; bunların hepsi bilime hizmet etmektedir. Ancak bir akıllı tasarımı nasıl test edilebilir? Bir tasarımı tüpe koyabilir misiniz? Hayır, tabii ki hayır. Ancak nesli tükenmiş bir ortak atayı da tüpe koyamazsınız. Bilimin emsalsiz bir tarihi olayı açıklamada karşılaştığı problem, test ve tekrarlanabilirliğin, tanımı gereği imkansız olmasıdır. Bilim, kuyrukluyıldızların hareketleriyle ilgilenebilir ve konuyla ilgili Newton'un yasalarını test edebilir. Ancak bilim milyonlarca yıl önce dünyaya çarpan bir kuyrukluyıldız hakkında, akla uygun bir çalışma asla yapamayacaktır. Ancak yine de kuyrukluyıldızların günümüze kadar devam eden etkileri bilim tarafından gözlenebilir. Aynı şekilde bir tasarımcının yaşam üzerindeki etkilerini de görebilir.

Richard Dickerson'un argümanıyla ilgili dikkat çekmek istediğim son nokta, onun kesinlikle amaçlamamasına rağmen söylediklerinin bir kararsızlık reçetesi olmasıdır. Bilimi aynı tarzda kısıtlayarak temelden farklı açıklamalara izin vermemektedir. Gerçeği küçük bir kutuya sığdırmaya çalışmaktadır, ancak evren bir kutuya yerleştirilemez. Evrenin kökeni ve yaşamın gelişmesi bilinçli bir tasarımcının yaptıklarıyla oluşmuştur. Bu temel olayların diğer fiziksel olaylarla aynı şekilde açıklanacağını düşünmeye zorlayan bir neden yoktur. Bilim bir oyun değildir ve bilim adamları yapay sınırlamalar koymadan fiziksel kanıtları sonuna kadar takip etmelidirler.

Bilimin akıllı bir tasarım teorisini kabul etmekte isteksiz davranmasının dördüncü ve en güçlü nedeni aynı zamanda felsefi kaygılara dayanmaktadır. Çok önemli ve saygın bilim adamlarının da aralarında bulunduğu pek çok insan, doğanın üstünde bir şey olmasını istemezler. Etkileşim ne kadar kısa ya da yapıcı olursa olsun doğayı etkileyen doğaüstü bir güç düşüncesinden hoşlanmazlar. Diğer bir ifadeyle, dünyanın genç olduğunu savunan yaratılışçılar gibi fiziksel dünya hakkındaki açıklamaların hangisini kabul edeceklerine ilişkin felsefi bir önkoşulları vardır. Bazen bu durum tuhaf davranışlara yol açar.

Bilim adamları yetmiş yıl kadar önce evrenin yaşının ve boyutunun sonsuz olduğunu düşünüyordu. Bazı antik Yunan filozofları, çeşitli dini gruplar ve doğanın üstünde bir şey olmadığını düşünenler tarafından da aynı kabul görmüştü. Öte yandan Yahudilik ve Hıristiyanlığa göre evren yaratılmıştı ve sonsuz değildi. Aralarında bazı bilim adamlarının da bulunduğu ilk dönem Yahudileri evrenin sonu olduğunu göstermek için herhangi bir çaba göstermediler ve Orta Çağ'ın önemli teologlarından Thomas Aquinas, evrenin bir başlangıcı olduğunun sadece inanç ile bilinebileceğini söyledi. Ancak zaman ilerledi. Bu yüzyılın başlarında Einstein, genel izafiyet teorisinin – genişleyen ya da daralan ancak durağan olmayan – dengesiz bir evren gerektirdiğini keşfetti. Bozguna uğradığını hisseden Einstein, daha sonra bunun kariyerindeki en büyük hata olduğunu söyleyerek sabit, sonsuz bir evren düşüncesine uygun olması için denklemlerine "düzeltme faktörü" eklemiştir.

Ebeveyn ve öğretmenlerin hep söylediği gibi kopyacılar asla başarılı olamaz. Kısa bir süre sonra astronom Edwin Hubble, teleskopla gökyüzünde nereye baksa yıldızların dünyadan uzaklaştığını gözlemledi. (Aslında yıldızların hareket ettiğini göremiyordu. Ancak "Doppler kayması" adı verilen bir olguyu gözlemlemişti. Buna göre gözlemciden uzaklaşan yıldızlar, biraz daha uzun dalga boyuna sahip ışık yayarlar, hız arttıkça dalga boyu da büyür.) Daha da ötesi yıldızların uzaklaşma hızı dünyaya olan uzaklıklarıyla orantılıydı. Bu Einstein'in değişikliğe uğratmadığı denklemlerinin, evrenin genişlemesini dikkate alan ilk halinin doğru olduğunu gösteren ilk kanıttı.

Bundan sonra (etrafta çokça bulunmasına rağmen), bir roket bilimcisinin genişleyen evren teorisini tersinden düşünerek, geçmiş bir zaman, evrendeki tüm maddenin çok küçük bir alana sığacak kadar yoğun olduğunu iddia etmesi uzun sürmedi. Big Bang hipotezi böyle ortaya çıktı.

Çoğu kimse için Big Bang teorisi büyük oranda doğaüstünün – yaratılışı ve evrenin başlangıcını – kabulünü gerektirmektedir. Ünlü fizikçi A. S. Eddington, böyle bir fikre duyduğu tiksintiyi dillendirirken belki de pek çok kişinin düşüncelerini yansıtıyordu:

Doğadaki mevcut düzenin birdenbire başladığı fikri bana ve sanırım çoğu insana iğrenç geliyor. Tanrı'nın evrene müdahalesini ispatlayan bir kanıtı, sevinçle karşılayacak olanlar bile, uzak bir gelecekte Tanrı ile yarattığı dünya arasında böyle bir ilişki olduğu düşüncesinin tatmin edici olmadığını göreceklerdir.[150]

Yine de dini anlamlar içermesine rağmen, Big Bang teorisi kutsal metinler ya da hikmetten değil, gözlenen verilerden yola çıkılarak ortaya atılmıştır. Pek çok fizikçi teoriyi kabul etmiş ve çalışmalarını ona uygun sürdürmüştür. Az bir kısmı ise, kendilerinden önce yaşamış Einstein gibi teorinin bilimden fazla çağrışımlar yapan yönünü sevmemiş ve alternatifler geliştirmek için çabalamışlardır.

Yüzyılın ortalarında astronom Fred Hoyle, evren hakkında sabit durum adını verdiği başka bir teori geliştirdi. Hoyle evrenin sınırsız ve sonsuz olmakla beraber genişlemekte olduğunu söylüyordu. Sonsuza kadar genişleyen bir evren sonsuz miktarda maddeyle başlamış olsa da, sonsuza kadar kalınlaşacağı için Hoyle'un mevcut evrenin yoğunluğunu açıklaması gerekmektedir. Ünlü bilim adamı maddenin bir yılda bir mil başına bir hidrojen atomu olacak şekilde dış uzaydan sürekli geldiğini öne sürüyordu. Hoyle'un hidrojen atomunun yoktan ve sebepsiz olarak yaratıldığını söylediğini vurgulamalıyız. Madde gerekli oranda var oluyordu. Bu düşünceyi destekleyecek bir kanıtı olmayan Hoyle'u böyle bir iddiaya iten sebep neydi? Görünen o ki, Hoyle da

150 Aralarında Eddington ve diğer önemli bilim adamlarının Big-Bang teorisine tepkisini Jaki ele almıştır: Jaki, S. (1980) *Cosmos and Creator*, Regnery Gateway, Chicago.

Eddington gibi Bing Bang teorisinin doğaüstünü ima ettiğini düşünüp, gerçek olma ihtimalini tatsız bulmuştu.

Hoyle'un sabit durum teorisi astronominin gözlemsel verilerini açıklamakta her zaman zorlanmıştır. 1960'larda astronomlar Penzias ve Wilson, arka plan radyasyonunu gözlemleyerek teorinin karanlık noktalarını aydınlatmayı başardılar. Her yönden gelen ve şaşırtıcı derecede hep aynı yoğunluğa sahip olan mikrodalgalar, dünyayı bombardıman ediyordu. Böyle bir arka plan radyasyonunun Big Bang'in dolaylı bir sonucu olduğu öne sürüldü. Arka plan radyasyonunun gözlemlenmesi o zaman da şimdi de Big Bang teorisini taçlandıran bir gözlemdir.

Big Bang teorisinin, evren hakkında oldukça verimli bir model olduğu ve (temel bilimlerde hep olduğu gibi) arkasında önemli sorular bıraksa da gözlemle elde edilen veriler ile doğrulandığı inkâr edilemez. Einstein, Eddington ve Hoyle, hoşlanmayacakları felsefi ya da teolojik sonuçları kabul etmeye zorlanacaklarını düşünmüşlerdir: Bu düşünceyle, doğadaki veriler sayesinde elde edilen bilimsel bir teoriyi reddetmek adına çalışmalarında hilekârlık ve sapmalar yapmışlardır. Aslında başka seçenekleri de vardır.

BENİ SINIRLAMA

Big Bang teorisinin dini anlamlarla bir ilgisi yoktu. Evrenin başlangıcıyla ilgili Yahudi-Hıristiyan dogmalara uygun görünürken sonsuz evrene inanan dini düşüncelerle de ters düşmektedir. Ancak teoriyi haklı çıkaran şey dinsel metinler ya da kutsal kişilerin mistik tecrübeleri değil, gözlem sonucu elde edilen veri – evrenin genişlemesi – olmuştur. Modele kaynaklık eden gözlemsel kanıtlardır.

Ancak Big Bang teorisi dini bakış açısıyla uyumlu olsa da, dine inanmayı zorunlu hale getirmemektedir. Hiçkimse sadece bilimsel gözlem ve teorilere dayanarak belirli bir doğaüstü gücün varlığını tanımak zorunda değildir. Einstein ve Hoyle'un gözlemsel veriyle uyum içinde olan ve evrenin başlangıcıyla ilgili hoş olmayan düşüncelerden kaçınan alternatif modeller geliştirme çabalarında bu durum görülebilir. Sabit durum teorisi gözden düştüğünde, mutlak bir varlık düşüncesiyle başa çıkabilecek başka teoriler geliştirildi. En bilinen

teori devinimli bir evrenden bahseder. Buna göre, Big Bang ile başlayan genişleme eninde sonunda duracak ve yer çekimi etkisi altında evrendeki bütün madde bir "Büyük Çöküş" ile geri toplanacaktır. Bundan sonraki senaryoya göre, yeni bir Big Bang meydana gelecek ve bu devinimin tekrarları sonucunda sonu gelmeyen bir doğa yakalanacaktı. Bilimsel açıdan ilgisi olmamakla beraber bu devinimli evren düşüncesinin eski Mısır, Aztek ve Hintlilerin inançları da dâhil, çeşitli dini düşüncelerle uyumlu olması ilginçtir.[151]

Devinimli evren fikri, şu anda fiziğin gözünden düşmüş durumdadır. Gelecekte biraraya toplanmaya neden olacak yeterli madde olmadığı gözlenmiştir. Böyle bir madde olsa bile, yapılan hesaplamalar ardışık genişlemelerin giderek daha uzun süreceğini ve nihayetinde daralmayan bir evrenin oluşacağını göstermektedir. Ancak bu teorinin dışlanması durumunda bile Big Bang'e karşı başka seçenekler mevcuttur. Yakın zamanda önerilen bir teze göre gerçek evren bizim gözlediğimizden çok daha büyüktür ve biz sadece ona ait bir kabarcığı görmekteyiz. Fizikçi Stephen Hawking de, eğer matematik hesaplarında kullandığı ve adına "hayali zaman" dediği şey gerçekten mevcut ise evrenin sonlu olmasına rağmen başlangıcının olmadığını öne sürmektedir. Başka bir öneri ise, çok sayıda sonsuz evrenin olduğu ve bizim kendimizi içinde bulduğumuz evrenin, yaşam için en uygun koşullara sahip olduğunu söylemektedir. Bu fikir "antrofik ilke" adıyla duyurulmuştur. Antrofik ilke özetle değişik fiziksel koşullara sahip çok sayıda (ya da sonsuz sayıda) evrenin var olduğunu ve sadece birinin belki de bilinçli gözcülerle birlikte yaşam için elverişli koşullara sahip olduğunu söylemektedir. Yani sonsuz tane verimsiz evren vardır ve biz de fiziksel koşulları yaşama en uygun olan sonsuz birinci evrende yaşamaktayız.

Muhtemelen, diğer evrenlerin nerede olduğu konusundaki belirsizlik sebebiyle pek çok insan, antrofik ilkenin aptalca olduğunu düşünmüştür. Ancak doğaüstüne başvurmak istemeyen insanlar için hâlâ başka seçenekler mevcuttur. Kuantum fiziğinde "gerçek parçacıklar" adı verilen mikroskobik varlıkların etraftan (fizikçiler tarafından "hiç-

---

[151] Jaki, S. (1986).

bir şey" anlamında kullanılmasa da "boşluk" da denebilir) enerji alarak varlığa kavuştuğuna inanılmaktadır. Bazı fizikçiler bu fikri biraz daha geliştirerek, bütün evrenin etraftan değil mutlak hiçlikten – yokluktan varlığa bir kuantum dalgalanması – ve bir neden olmaksızın var olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu da, Fred Hoyle'un ara sıra hidrojen atomlarının yaratılmasıyla ilgili alçak gönüllü öneriyi yaptığı zamandan bu yana, bazı bilim adamlarının büyük düşünmeyi nasıl öğrendiklerini göstermektedir.

Kabarcık evren, hayali zaman ya da sonsuz antrofik evren fikirlerini destekleyecek hiçbir deney yapılmamıştır. Aslında ilkesel anlamda bu düşünceleri destekleyecek bir deney yoktur. Hadiselerin bizzat kendisi ya da etkileri gözlenemediği için metafizik varsayımlar durumuna düşmektedirler. Tıpkı doğaüstü bir gücün varlığı düşüncesi gibi deneysel araştırmadan uzaktırlar. Bilime ciddi bir katkıları yoktur. Sadece doğaüstünden kaçmak için kullanılan bir kapıdırlar.

Yukarıdaki tartışmanın ana konusu olan Big Bang hipotezi, ilk bakışta belirli bir dini düşünceyi destekler gibi görünse de hiçbir bilimsel teori kişiyi sadece mantık yoluyla pozitif bir dini ilkeyi kabul etmeye zorlamaz. Buna göre bir kişi evreni açıklamak için, sonsuz sayıda evren ya da büyük evrenin kabarcığı gibi, gözleme dayalı olmayan bir teori üretebilir. Ya da sabit durum veya dalgalanan evren gibi bugün akla yatkın görünmeyen teorilerin, hesaplamalar yeniden yapıldığında veya ölçümler yenilendiğinde daha makul görülebileceği umudunu taşıyabilir. Ya da evrenin hiçbir neden olmaksızın ortaya çıktığını iddia eden teoriler gibi, nedensellik ilkesinden vazgeçilebilir. Geri kalan insanların çoğu bu fikirleri saçma görecektir. Yine de gözleme dayalı kanıtları inkâr etmek istemeyeceklerdir.

YABANCILAR VE ZAMAN GEZGİNLERİ

Evrenin Big Bang ile oluştuğunu söylemek ile yaşamın akıl ile tasarlandığını söylemek başka şeylerdir. Big Bang ibaresi, varlığı gerekli bir şahıstan değil, bir patlamadan bahseder. Akıllı tasarım ibaresi, akla hemen tasarımcının kim olabileceği sorusunu getirmektedir. Doğaüstüne karşı felsefi bir tavır almış insanlar bu teori ile köşeye sıkışmış mı olacaktır? Hayır. İnsanın hayal gücü gerçekten çok güçlüdür.

Sir Francis H. C. Crick her açıdan zeki bir adamdır. Yaklaşık kırk yıl önce Cambridge University'de bir lisansüstü öğrencisiyken Crick ve James Watson, DNA'nın çift sarmal yapısını belirlemek için x ışını kristalografik verisini kullandılar. Daha sonra bu başarılarından dolayı Nobel Ödülü almışlardır. Crick genetik kodun açıklanmasına katkıda bulunmaya ve beynin fonksiyonu hakkında kışkırtıcı ve kavramsal sorular sormaya devam etti. Şu anda yetmişinde olmasına rağmen bilime olan katkıları devam etmektedir.

Francis Crick ayrıca, yeryüzündeki yaşamın başka bir gezegenden gelen yaratıkların dünyaya "ekilmek" üzere sporlar taşıyan bir roket göndermesiyle başladığını düşünmektedir. Bu boş bir düşünce değildir. Crick bu iddiayı ilk olarak, kimyager Leslie Orgel ile 1973'te yazdığı ve *Icarus* adlı mesleki bir bilim dergisinde yayınlanan "Directed Panspermia" başlıklı makalede dile getirmiştir. On yıl sonra Crick, *Life Itself* adlı bir kitap yazarak teoriyi tekrarlamıştır. Kitabın yayınlanmasından hemen önce *Scientific American*'ın 1992'de kendisiyle yaptığı röportajda, teorinin mantıklı olduğu düşüncesini tekrar etmiştir.

Crick'in bu alışılmadık görüşü benimsemesinin başlıca sebebi, yaşamın kontrolsüz bir şekilde ortaya çıkmasının neredeyse karşı konulmaz bir engel olduğunu düşünmesi, ancak doğabilimsel bir açıklama yapmak istemesidir. Bizim açımızdan önemli olan Crick'in uzaylılara biçtiği roldür. Ona göre uzaylılar yeryüzüne bakteriler göndermiştir. Ancak uzaylıların buraya gönderdikleri yaşamın eksiltilemez karmaşıklıktaki biyokimyasal sistemlerini ve daha sonra gelişen eksiltilemez karmaşık sistemleri tasarladıklarını söyleseydi daha açık olabilirdi. Aradaki fark, yabancıların yaşamı tesis etmelerini öne sürmek ile Crick'in sadece yaşamı buraya gönderdiklerini söylemesidir. Yine de uzaylıların başka gezegenlere roket gönderebildiğini söylemek ile yaşamı tasarlayabildiklerini söylemek arasında – özellikle söz konusu medeniyet gözlenmemişse – çok büyük bir fark yoktur. Yaşamı tasarlamak için uzaylıların şart olmadığı, daha ziyade çok fazla zekâ gerektirdiği anlaşılmalıdır. Dünyadaki bir laboratuarda bir lisansüstü öğrencisi oksijenle bağ yapabilen yapay bir protein tasarlayıp üretebiliyorsa,

gelişmiş bir medeniyetin başka bir gezegende sıfırdan hücre üretebileceğini hayal etmek için mantıksal bir engel yoktur.

Bu senaryo, tasarım kimin tasarladığı sorusunu cevapsız bırakır; yaşamın kökeninin kökeni nedir? Felsefi bir natüralist tuzağa mı düşmüştür? Hayır. Tasarımcının tasarlanması sorusu birkaç yoldan atlatılabilir. Görülmeyen varlıklara atıf yapılarak savuşturulabilir: Belki de başlangıçtaki yaşam bizimkinden tamamen farklıydı, dalgalanan elektrik alanları ya da gazlardan oluşuyordu, belki de devam etmek için eksiltilemez karmaşıklıktaki yapılara ihtiyacı yoktu. Başka bir olasılık da zamanda yolculuktur ki son yıllarda profesyonel fizikçiler tarafından gündeme getirilmiştir. '*Scientific American*' dergisi, 1994 yılı Mart sayısında okurlarına şu bilgiyi verdi:

Birisinin geçmişe yolculuk yapmasının teorik olasılığının temel fizik ilkeleri açısından kaçınılmaz bir sonuç olması, mantığa ters düşmemektedir.

Buna göre belki de gelecekte yaşayan biyokimyacılar, bugün gözlediğimiz eksiltilemez karmaşıklıktaki yapılara ait bilgiyi içeren hücreleri geçmişe göndereceklerdir. Bu senaryoda yabancılar kendi gelişmiş medeniyetlerini oluşturmuş insanlardır. Zamanda yolculuk düşüncesi tabii ki açık paradokslar içerir (torunların henüz çocukları olmamış büyükbabalarını vurmaları gibi), ancak en azından bazı fizikçiler onu kabul etmeye hazırdır. Benim gibi pek çok insan bu senaryoları doyurucu olmaktan tamamen uzak bulur, ancak hoş olmayan teolojik düşüncelerden kaçınmak isteyenler için bu teoriler uygundur.

Richard Dawkins *The Blind Watcmaker* adlı kitabında okuyucularına, bakire Meryem heykelinin kendilerine el sallaması durumunda bile, bunu bir mucize olarak görmemeleri gerektiğini söyler.[152] Belki de heykelin kolundaki tüm atomlar bir kereliğine aynı yöne hareket etmiştir; bu çok düşük bir ihtimal olsa da imkânsız değildir. Bir heykelin canlandığını gören pek çok insan Dawkins'e Cennette ve dünyada onun felsefesindeki hayallerden daha fazla şey olduğunu söyleyecektir, ancak onun İngiliz Kilisesi'ne dâhil olmasını sağlayamayacaklardır.

---

[152] Dawkins, R. (1989) *The Blind Watchmaker*, W. W. Norton, London, s. 159.

YAŞA VE YAŞAT

Bunu denemeseler iyi olur. Felsefe ve din ile bilimin farklı alanlarda olma durumu, olduğu gibi kalmalıdır. Herkes kendi aklıyla bazı verilere ulaşabilir ve çoğu da verilerin ne olduğu konusunda başkalarıyla anlaşabilir. Geniş bir ölçekte düşünürsek farklı felsefi ve dini eğilimlere sahip insanlar bile verileri düzenlemek için (teoriler nihayetinde yanlış olsa bile) yerçekimi, tektonik tabakalar ya da evrim gibi bilimsel teorilerde de anlaşabilir. Ancak gerçeğin temelini oluşturan felsefi ilkeler ve teolojik ilkeler ya da ilkelerin yokluğu, kökeninde bireyin kendisi tarafından tercih edilir. Bir erkek ya da kadın iyi, doğru ve güzeli aramada özgür olmalıdır.

Başkalarının inancına hoşgörüsüz olmak felaketle sonuçlanmıştır. Hoşgörüsüzlüğün kaynağı, doğruyu bulduğunu düşünmek değildir. Bilakis doğruyu keşfettiğimi düşündüğümde herkesin kabul etmesi gerektiğine inanmaktır. Richard Dawkins evrimi reddeden herkesi, "cahil, aptal ya da deli (kötü ruhlu – ancak bunu dikkate almıyorum)"[153] olarak nitelemiştir. Birisini ahlaksız olarak niteledikten sonra, onu ahlaksızlıktan kurtarmak için atılan adım çok büyük olmayacaktır. *Nature* dergisinin editörü John Maddox, dergide "dini uygulamaların bilim karşıtı olarak görülmesi çok zaman almayacaktır"[154] şeklinde yazmıştır. Filozof Daniel Dannett ise, *Darwin's Dangerous Idea* adlı kitabında inançlı insanları – toplumun yüzde 90'ı – kafese kapatılması gereken vahşi hayvanlara benzeterek, son derece belirgin olduğunu düşündüğü evrimin doğruluğu hakkında ailelerin çocuklarını yanlış bilgilendirmesine (muhtemelen baskı yoluyla) izin verilmemesi gerektiğini söylemektedir.[155] Bu, iç barış için bir formül değildir. İnsanları tartışma yoluyla ikna etmek ile sizin düşüncelerinizi onaylamayanlara baskı uygulamak tamamen farklı şeylerdir. Bilimsel kanıtların ağırlığı değişse de bu nokta akıldan çıkarılmamalıdır. Richard Dawkins, Darwin'in "entelektüel olarak olgunlaşmış bir ateist" olmayı mümkün

[153] Dawkins, R. (1989) *New York Times*, April, 9, 1989, sec. 7. s. 34.
[154] Maddox, J. (1994) "Defending Science Against Anti-Science", *Nature*, *368*, 185.
[155] Denet, D. (1995) *Darwin's Dangerous Idea*, Simon & Schuster, New York, s. 515-516.

hale getirdiğini söylemiştir.[156] Darwin'in teorisinin moleküler ölçekte iflas etmesi onun tatminlik duygusunu zedeleyebilir, ancak hiç kimse onu araştırmaktan alıkoymaya çalışmamalıdır.

Bilim dünyasında tabiatın üstünde bir varlığa inanan ve inanmayan pek çok saygın bilim adamı vardır. Öyleyse bilimin tasarımcının kimliği sorusuna "resmi" yaklaşımı nasıl olacaktır? Biyokimya kitapları açıkça "Allah yaptı" mı yazacaktır? Hayır. Tasarımcının kimliği bilim tarafından basitçe göz ardı edilecektir. Bilim tarihi boyunca esasa ilişkin, ancak zor olan pek çok soru askıya alınmıştır. Örneğin Newton yer çekimine neyin sebep olduğunu açıklamayı reddetmiş, Darwin görmenin ya da yaşamın kökeni hakkında bir açıklamada bulunmamış, Maxwell, eser teorisinin yanlışlığı ortaya çıkınca ışık dalgaları için bir ortam belirtmemiş ve kozmologlar genelde Big Bang'e neyin sebep olduğu sorusunu göz ardı etmişlerdir. Hücre biyokimyasında tasarımın teşhisi oldukça kolay olduğu halde, bilimsel metotlar ile tasarımcıyı tanımlamak son derece zordur. Aynı şekilde Newton da yer çekimini tespit edebilir, ancak sebebinin keşfedilmesi belki de yüzyıllar alacaktır. Bir sorunun bilim tarafından hemen ele alınması çok zor ise, daha kolay sorulara geçilir. Eğer felsefe ve teoloji soruya bir cevap bulmaya çalışırsa onlara başarı dilerken bilimin ekleyeceği bir şeyler var ise tartışmadan çekilme hakkımızı saklı tutmalıyız.

MERAKLI VE DAHA MERAKLI

Bilimin akıllı tasarım düşüncesini benimsemedeki isteksizliğinin savunulabilir bir temeli olmadığı uzun ve yorucu çalışmalarla ortaya çıkmıştır. Bilimsel bağnazlık anlaşılabilir bir duygu olsa da, ciddi entelektüel konuları etkilemesine izin verilmemelidir. Tarih boyunca din ve bilim arasında meydana gelen çatışmalar üzücüdür ve tarafların birbirine karşı kötü hisler beslemesine neden olmuştur. Ancak miras alınan öfke, bilimsel kararlara temel teşkil etmemelidir. Allah'a inanmayan bazı kimselerin, bilimin olaylara doğaüstünün varlığını ima edecek açıklamalar getirmeye çalışmasının engellenmesini isteyen felse-

[156] Dawkins, R. (1986), s. 6.

fi argümanları, bilime getirilmiş yapay bir kısıtlamadır. Doğaüstüne atıf yapan açıklamaların, bilimi nüfuz altına alacağı endişeleri temelsizdir. Daha da ötesi, Big Bang teorisi doğaüstü imalar içeren bilimsel teorilerin oldukça verimli olabildiğini göstermiştir. Bazı insanların doğanın ötesinde bir şey olmadığına dair felsefi ilkesinin, gözlenebilir fiziksel veri ile oluşturulmuş bir teoriye nüfuz etmesine izin verilmemelidir. Doğaüstü düşüncesinden kaçma hakkına vicdanen saygı gösterilmeli, ancak onların hoşnutsuzluğu belirleyici olmamalıdır.

Kitabın sonuna gelirken ilginç bir sonuç hissi veren görüşe karşı esaslı bir savunmamız kalmamıştır: Yani yaşamın akıllı bir tasarımcının eseri olduğu görüşüne karşı. Yine de bir bakıma bilimin son birkaç yüzyılda kaydettiği gelişim ilginç olana doğru sabit bir ilerleme olmuştur. İnsanlar Orta Çağ'a kadar doğal bir dünyada yaşadılar. Sabit bir yeryüzü düşüncelerin merkezindeydi. Güneş, Ay ve yıldızlar gece ve gündüz ışık vermek için hiç durmadan dönüyorlardı. Bazı bitki ve hayvanlar antik çağdan beri biliniyordu. Krallar yönetimde doğaüstü haklara sahipti. Sürprizler çok azdı.

Daha sonra tuhaf bir şekilde Dünya'nın Güneş etrafında döndüğü öne sürüldü. Hiç kimse Dünya'nın döndüğünü ne görüyor ne de hissediyordu. Ama dönüyordu. Copernicus ve Galile'nin işledikleri "suç"a karşılık, nasıl bir saldırıya maruz kaldıklarını buradan anlamamız zordur. Onlar aslında insanların gözleriyle gördüklerine bile daha fazla inanamayacaklarını söylemişlerdir.

Yıllar geçtikçe durum istikrarlı bir şekilde daha da kötüleşti. Fosillerin keşfiyle birlikte ormanlarda yaşayan bilinen hayvanların ezelden beri var olmadıkları, bir zamanlar yeryüzünde devasa canlıların yaşadığı anlaşıldı. Daha sonra Darwin, bilinen yaşamın insan aklının alamayacağı kadar uzun bir zaman önce yok olmuş tuhaf bir yaşamdan türediğini söyleyerek dünyayı sarstı. Einstein uzayın eğri ve zamanın göreceli olduğunu söyledi. Modern fizik katı nesnelerin genellikle boşluk içerdiğini, atom altı parçaların belirli bir pozisyonu olmadığını ve evrenin bir başlangıcı olduğunu söyledi.

Şimdi sıra hayatın temel bilimi olan biyokimyayı altüst etmeye geldi. Yaşamın temelinin basit olması beklenirken bunun sadece bir hayal olduğu ispatlandı. Gerçekte hücrede olan şey korkunç, eksiltile-

mez bir karmaşıklıktı. Hayatın akıl ile tasarlandığını fark etmek, onu basit doğa kanunlarının eseri olarak görmeye alışan bizler için, 20. yüzyılın önemli şoklarından birisi olmuştur. Ancak başka yüzyıllarda da şoklar yaşanmıştır ve onlardan kaçabileceğimizi düşünmek için bir neden yoktur. İnsanlık göklerin merkezinin dünyadan Güneş'in ötesine kaymasına, yaşam tarihinin çoktan ölmüş sürüngenleri içerecek kadar genişlemesine, sonsuz evrenin bir sonu olduğunun kanıtlanmasına tahammül etmiştir. Darwin'in kara kutusunun açılmasına da tahammül edeceğiz.

SONSÖZ

ON YIL SONRA BEN KONUŞURKEN

"Şimdi ortalığı karıştırma sırası yaşamın temel bilimi olan modern biyokimyadadır." "Basitleştirmeler, Büyük" adlı belgenin başlığının hemen altında bu cümle vardı. On yıl evvel *Darwin'in Kara Kutusu* kitabını bitirmek üzere iken bazı insanların akıllı tasarım konseptini ne kadar huzur bozucu bulacakları hakkında hiçbir fikrim yoktu.[157] Bugün neredeyse her hafta bilimsel örgüt ve yayınlardan konuyla ilgili gelen eleştiriler düşünüldüğünde, zafer ilan etmek için erken olduğu görünmektedir. Kültürel dinamikler hâlâ etkili olsa da *Darwin'in Kara Kutusu* kitabının ortaya koymuş olduğu tasarım argümanı, yayınlanmasının üzerinden geçen on sene sonra, bugün hiç olmadığı kadar güçlü görünmektedir. Aradan geçen yıllarda biyokimyada kaydedilen müthiş ilerlemeye, *The New York Times*, *Nature*, *Christianity Today*, *Philosophy of Science* ve *Chronicle of Higher Education* gibi oldukça farklı yayınlarda periyodik olarak araştırma yazıları çıkmasına ve üst

157 "Akıllı tasarım" aslında nedir? Bilim felsefesi dergisi *Biology and Philosphy*'de 2001 yılında çıkan makalede önemli bir ayrım yapmıştım:

" Akıllı tasarım denildiği zaman doğa kanunlarının yaşamı ve altındaki karmaşık sistemleri üretmek için kendi kendilerine tasarlanmış olduğu anlaşılabilir. Benim ifadeye yüklediğim anlam bu değildir. 'Akıllı tasarım'dan kastım doğa kanunlarının ötesindeki tasarımdır. Yani belirli doğa kanunları bilinirken hayatın ve onu oluşturan bileşen sistemlerinin belirli bir amaç için düzenlendiği sonucuna varmak için başka sebep var mıdır? Fare kapanı da tasarım ürünüdür. Aksi belirtilmedikçe akıllı tasarıma yüklediğim anlam budur."

düzey bazı bilim adamlarının karşı konulmaz muhalefetine rağmen, kitabın tasarım argümanı ayakta kalmıştır. Teşekkür bölümünde çocuklarımın listesine yeni isimler (Dominic, Helen ve Gerard) eklemek dışında kitabı bugün yazsaydım çok az bir değişiklik olurdu.

Ancak ekleyeceğim şeyler fazla olacaktı. Modern bilim açısından on yıl bir çağ kadar uzundur. Bunu internetin gelişimine benzetebilirsiniz. 1990'ların ortalarında elektronik posta, hantal bir sistemdi ve Web de şu andaki durumunun adeta gölgesi gibiydi. Aynı zaman zarfında biyokimya bazen internet kadar gelişme göstermiştir. On yıl önce canlı bir organizmanın – *Haemophilus influenzae* adı verilen küçük bir bakteri– gen dizisi ilk kez açıklandı. İlk ökaryotun – Baker mayası *Saccharomyces cerevisiae* – gen dizisi ise bir yıl sonra açıklanacaktı. Şimdi sıtma parazitinin de aralarında bulunduğu pek çok tek hücrelinin gen dizilimi bilinmektedir. Ancak bu katilin çok hücreli dostu sivrisinek, temel besin kaynağı pirinç, insanın en iyi arkadaşı köpek, maymun gibi çok hücrelilerin de gen dizileri tespit edilmiştir. Ve tabii ki, ABD Başkanı Clinton ve Büyük Britanya Başbakanı Tony Blair'in 2000 yılında coşkulu bir ortak açıklamayla duyurdukları gibi insan gen dizisi de açıklığa kavuşmuştur.

Genlerin açıklığa kavuşmasına paralel olarak yaşamın makinelerinin açıklanması da ilerleme göstermiştir. Hücredeki proteinlerin büyük bir kısmının tek başına çalışmaktan ziyade yarım düzine ya da daha fazlasının oluşturduğu takımlar halinde çalıştıkları bilinmektedir. On yıl önce, gen faaliyetlerinin düzenleme işini sadece proteinlerin gerçekleştirdiği sanılıyordu. Şimdi mikro RNA adı verilen ve pek çok genin denetimine yardım eden yeni bir nükleik asit kategorisi keşfedilmiştir. Bu kitap ilk yazıldığında, 4. bölümde anlatılan Siller ve kamçıları oluşturmak için hücrenin kullandığı mekanizmalar tamamen karanlıktaydı. Bugün onların deniz motorlarını üreten otomasyon sistemli fabrikalar gibi, bizzat kendi başlarına göz kamaştıran gelişmişlikteki moleküler sistemler olduğu bilinmektedir. Kısaca ifade etmek gerekirse, bilimdeki ilerleme kesintisiz devam ettiği sürece yaşamın moleküler temeli de on yıl öncekinden daha karmaşık bir hal almaktadır. Aynı şekilde yaşamın akıllı tasarım sonucu oluştuğu düşüncesi de giderek güçlenmektedir.

Yine de halka açık entelektüel Pazar yerindeki bağrışmalar karşısında, insanların tartışmalı bir fikri değerlendirmesi zor olabilir. Bu yüzden bundan sonraki birkaç sayfada akıllı tasarımı duyar duymaz, insanların kafasında oluşan karşı fikirleri ya da, hiç haberi olmayanlar için, bu kadar yoğun tartışmaların yaşandığı bir ortamda, kitaptaki düşüncelerle ilgili son on yılda ortaya çıkan bazı karışıklıkları ele alacağım. Kafa karışıklığının en önemli kaynağı eksiltilemez karmaşıklık konsepti ve tasarım argümanının doğası ile ilgili yanlış anlaşılmalardır. Bu konulara değindikten sonra 1990'ların ortalarından beri Darwinistlerden gelen muhalefetin açıklamaya çalıştığı ve benim de 3-7. bölümlerde ele aldığım biyokimyasal örnekleri tekrar ele alacağım.

SÖYLENMEK İSTENEN NEDİR?

On yıl önce Darwin'in evrim teorisi ile ilgili yeterince anlaşılamamış bir soruna – bir fare kapanı gibi, hücrenin neredeyse bütün gelişmiş moleküler makinelerinin çalışmak için birden fazla parçaya ihtiyaç duyması – ışık tutmak için "eksiltilemez karmaşıklık" ifadesini kullandım.[158] Çok sayıda parçaya duyulan ihtiyaçtan dolayı Siller, kamçı ya da kanın pıhtılaşma kaskadı gibi sistemlerin Darwin'in düşündüğü gibi "sayısız, ardışık, küçük değişimlerle" nasıl ortaya çıktığını tasavvur etmek anormal derecede zordur.

39. sayfada eksiltilemez karmaşıklığı şu şekilde tanımlamıştım: "Temel işleve katkıda bulunmak üzere birbirine uygun ve etkileşimli birden fazla parçadan oluşan ve parçaların birinin dahi çıkarılması durumunda, işlevini önemli ölçüde yitiren tek bir sistem." Şimdi, ben bir filozof değil, bilim adamıyım. Bu tanımlamanın amacı, kelime oyunu değil, gerçek bir biyolojik bağlamda karmaşık etkileşimli sistemlerin Darwinci gelişim teorisi karşısına koydukları deneysel zorluğu vurgulamaktı. Yine de Darwin'in kara kutusuna cevap vermeye çalışanların bazıları "eksiltilemez karmaşıklık" ifadesini cımbızla ayık-

---

[158] "Eksiltilemez karmaşıklık" terimini kimseden duymadan kendim oluşturdum. Ancak o zamandan beri bu ifadenin daha önce de kullanıldığını öğrenmiş oldum: *Templets and the Explanation of Complex Patterns* (Cambridge University Pres, 1986), Case Western University biyologu Michael J. Katz. Aklındaki fenomenler benimkilere benzemektedir.

layarak ya da tanımı biraz değiştirerek doğal seleksiyonun evrim sorununu halının altına süpürmeye çalışmışlardır. Bundan sonraki üç başlıkta üç örneği inceleyeceğiz.

SAATLERDEN SAATLER ÜRETMEK

Filozof Robert Pennock, 1999'da yazdığı *Tower of Babel* adlı kitabında eksiltilemez karmaşıklığın Darwinizm açısından bir sorun olmadığını öne sürdü. Filozofların hep yaptıkları gibi olayın bilimsel yönüne değil, tanıma ya da tanıma getirdiği kendi yorumuna odaklanmıştı:

Bir sistem bir tane tanımlı temel işlev açısından eksiltilemez karmaşık olsa da bu yakın varyasyonların, diğer yakın işlevlerin oluşmasına neden olmayacağı anlamına gelmez. Behe, doğal seleksiyonun aralarından seçim yaparak bir eksiltilemez karmaşık sistem oluşturabileceği işlevsel ara formların, asla olamayacağını iddia etmektedir. Ancak bu, deneye dayalı sonuca tanım gereği olan kavramsal argüman ile ulaşamaz. Onun ihtiyaç duyduğu, deneye dayalı güçlü öncül yanlıştır.[159]

Pennock, aslında benim eksiltilemez karmaşıklık konusundaki konseptimi kendi konsepti ile değiştirmiştir. Ben asla, "doğal seleksiyonun aralarından seçim yaparak eksiltilemez karmaşık bir sistem oluşturabileceği işlevsel ara formların olamayacağını" yazmadım. Bunlar, Pennock'un kendi sözleridir. Bense aksine 40. sayfada, eksiltilemez karmaşık sistemlerin doğrudan gelişim yolları dışladığını, ancak dolaylı yolları otomatik olarak dışlamadığını belirtmiştim. İddiamın devamında, dolaylı yolların çok düşük ihtimalli olduğunu ve karmaşıklık arttıkça da ihtimalin azaldığını belirtmiştim. Ancak Pennock'un dediği gibi dolaylı yolların mantıksal olarak imkânsız olduğunu iddia etmedim. Bu aptalca olurdu. Hiçbir bilimsel kanıt, bir şeyin mantıksal olarak imkânsız olduğunu gösteremez, zira mantıksal imkânsızlık doğadan ("DNA genellikle çift sarmaldır" gibi) ziyade ("o evli bir bekârdır" gibi) kendisiyle çelişen ifadeleri dikkate alır. Örneğin, jeosantrizm mantıksal olarak imkânsız değildir; sadece yanlıştır. Akıllı

159 Pennock, R. (1999), *Tower of Babel: The Evidence Against the New Creationism*, MIT Pres, Cambridge, Massachusetts, s. 267-268.

tasarım da dâhil hiçbir bilimsel teori, karşıt görüşleri çürütmek için onların mantıksal olarak imkânsız olduğunu göstermemelidir ya da gösteremez. Bilimsel teoriler sadece veriye karşıt görüşlerden daha iyi açıklama getirerek başarılı olabilirler.

Pennock'un son satırında ise, tasarım argümanını mümkün olduğunca kırılgan yapmak için eksiltilemez karmaşıklık tanımının içeriği değiştirilmeye çalışılmıştır. Böylece, Darwinizm'in probleminin yanından ıslık çalınarak geçilebilecekti. Pennock, şekli bozulmuş argüman ile biyolojiden bahsetmeye gerek olmadığını düşünmektedir. *Tower of Babel*'da denizcilerin boylam tespit etmek için kullandığı olağanüstü hassas bir saat olan kronometreden bahseder. Pennock'a göre, eğer bir kronometre biraz bozulursa hassasiyeti azalmış bir saat olarak karada işlev görebilir.

Eğer her biri geminin hareketini dengelemek için kullanılan iki taraflı halter şeklindeki çubuk, dört helezon yaydan biri ya da diğeri bozulursa, saat gemiler için tasarlanmış özel görevini yerine getiremeyecektir. Ancak, sakin bir göl ya da karada daha farklı bir işlev görebilir.[160]

Demek ki karmaşık bir saat üretmenin mantıklı yollarından birisi, daha karmaşık bir kronometre alıp onu bozmaktır, öyle mi? Tabii ki. Thomas Huxley'in başka bir konudan bahsederken söylediği gibi, "Bunu daha önce düşünmemiş olmam ne büyük aptallık!" Peki kronometreyi nasıl elde edeceğiz? Gördüğünüz gibi sadece saat ile işe başlarız:

Eğer, Paley'in tasavvur ettiği kendini kopyalayan saatler var olup kopyalama sırasında Darwin'in teorisine uygun rastgele varyasyonlar meydana geldiyse, belirli bir uygun seçici baskı altında boylam sorununa çözüm getirecek şekilde bir çeşitlenme gerçekleştirebilir.[161]

Böylece, filozofun dairesel çıkarımının girdabında daha hassas bir kronometre bozularak, daha sonra bir şekilde yine başlangıçtaki daha

[160] Pennock, 269.
[161] Pennock, 269.

hassas kronometrenin atası olan daha az hassas saati oluşturacaktır.[162] İşte sorunun cevabı. Ancak tüm bunların biyolojinin evrimle ilgili sorularıyla ilişkisi, belirsizliğini korumaktadır.

Pennock'un kitabı, Darwinci önemli filozof ve bilim adamlarının beğenisini kazanmış olup en az *National Academy of Sciences* kadar tavsiye edilmektedir. Söz konusu kitap eğer düşünceye hizmet ediyorsa, Darwinizm'e yardım eden bazı kişilerin onaylayabileceği bir argümanın olmadığı açıktır.

KÜRDANDAN FARE KAPANI YAPMAK

Brown Üniversitesi hücre biyologu Kenneth Miller da, Robert Pennock gibi eksiltilemez karmaşıklığın Darwinizm için sorun teşkil etmediğini gösterme heveslisidir. Yine Pennock gibi kendisine ait bir eksiltilemez karmaşıklık tanımı uydurup eleştirmiştir. Ancak farklı olan yanı, Miller'ın, yapı, bozulmuş eksiltilemez karmaşıklıktaki karmaşık bir sistemin kabul edebileceği görev çeşitlerini tasavvur ederken gösterdiği şaşırtıcı zayıflıktır. Pennock en azından başlangıçtaki işlevi kabaca bile olsa korumaya çalışıyordu – hem saat hem de kronometre zamanı gösterir. Miller'ın böyle bir derdi yoktu. O her kapının arkasında – bir "işlev" kâğıt tutacağı ya da kürdan kadar basit olsa da – umut veren Darwinist habercilerin olduğunu düşünüyordu.

Miller eksiltilemez karmaşıklığı, sistemin parçalarından hiçbirinin kendi başına bir işlevi olmadığını söyleyerek yeniden tanımlıyor.[163] *Wall Street Journal* gazetesinin köşe yazarı Sharon Begley, "Evolution Critics Come Under Fire Flaws in 'Intelligent Design' " başlığını taşıyan bir öyküde Miller'ın görüşünü aktarır:

---

162 Pennock bu karmaşık, halter şeklindeki balans ve yayın nasıl eklendiğini açıklama zahmetine girmiyor. Bir kronometrenin çok karmaşık bir aygıt olduğunu söylemeye gerek yoktur. John Harrison tarafından yapılan ilk kronometrelerin resimleri için bkz. rubens.anu.edu.au/student.projects97/naval/h1.htm. Bunlardan birisinin "sayısız, ardışık, küçük değişikliklerle" başka birine dönüştürmeye çalışın. Pennock bunu yapmamıştır.

163 "İndirgenemez karmaşıklık hipotezinin en önemli öngörüsü eksiltilemez karmaşık sistemin bileşenlerinin tek başlarına işlevsiz olmaları, böylece doğal seleksiyon tarafından seçilmemeleridir." www.millerandlevine.com/km/evol/design1/article.html. Ancak bu "öngörü" Miller'a aittir.

1996'da biyokimyacı Michael Behe, evrime karşı güçlü bir argüman ile ortaya çıktı. "Darwin'in kara kutusu" adlı kitabında karmaşık canlı yapıların "eksiltilemez karmaşıklık" oluşturduğunu iddia etmekteydi. Bunun anlamı bu sistemlerin tüm parçaları biraraya gelmeden, bir fare kapanının tabanı, yayı vs olmadan nasıl bir işe yaramıyorsa, işlev göremeyeceklerivdi. *Daha da ötesi karmaşık yapıların ayrı parçalarının kendi başlarına bir işe yaramadığı düşünülüyordu.*[164]

İlk bölüm benim düşüncelerimi yansıtsa da ne yazık ki italik yazılan ve "Daha da ötesi..." ile başlayan kısım, yazarın kendisine ait bir yorumdur. Begley'ın bildirdiğine göre, akıllı tasarımdaki kusuru keşfeden Miller'dır! İndirgenemez karmaşıklığı niçin yeniden tanımladığını anlamak zor değildir: "Karmaşık yapıların ayrı parçalarının kendi başlarına bir işe yaramadığı düşünülüyordu." Miller da Pennock gibi retorik kaygılarla akıllı tasarım argümanını, olabildiğince kırılgan bir hale getirmeye çalışıyordu. Miller'ın düşüncesine göre eğer bir fare kapanının bir parçası kâğıt tutacağı olarak kullanılabilirse (ki ağır olan her şey kâğıtların uçmasını engellemek için kullanılabileceğinden bu zor bir şey değildir), böylece parçanın tek başına bir işe yarayacağı gösterilmiş olacaktı. Bundan sonra da "eksiltilemez karmaşıklık," tanımdaki çelişki sayesinde ortadan kalkmış olacak ve tüm iyi Darwinistler bir kez daha rahat bir nefes alacaktı.

Ancak eksiltilemez karmaşıklıktaki bir sistemin parçalarının ayrı ayrı işe yaramamaları için herhangi bir neden yoktur ve ben de öyle bir şey yazmadım. Ben eksiltilemez karmaşıklıktaki sistemlerde "parçalardan herhangi birisinin çıkarılmasının" sistemin – parçaların değil – işlevini etkileyeceğini yazmıştım. Örneğin, Miller fare kapanındaki çubuğu çıkartırsa sistem işe yaramaz hale gelecektir, ancak çubuk kürdan olarak kullanılabileceği gibi kapanın geri kalan kısmı da kâğıt tutacağı olarak işe yarayabilir.[165] Ancak her iki kısım da artık bir fare

---

[164] Begley, Sharon (2004), "Evolution Critics Come Under Fire for Flaws in 'Intelligent Design'" *Wall Street Journal*, B. I. Feb. 13.

[165] Bir kürdan olarak kullanılmış bir tutucu çubuk ile kâğıtların uçmasını engelleyen bir ağırlık olarak kullanılmış fare kapanının geri kalanını düşünün. Bu, bir eksiltilemez karmaşık sistemin daha önce başka amaçlarla kullanılan parçalardan elde edilebileceğini göstermez mi? Hayır. Örnek kurgusaldır. Robert Pennock'un kırılarak kol saatine dönen kronometresi gibi

kapanı değildir. Daha iyi canlandırmak için, tek başlarına kağıt tutacağı olarak kullanılabilen, diğer taraftan birleştirilince oyuncak gemi, uçak ya da bir fare kapanı olabilen Lego® seti düşünülebilir. Ancak parçalar pek çok şeyin yapılmasında kullanılsa da, 2. bölümde resmedilen bir fare kapanı bile tüm parçalar bir arada olmadan çalışmayacaktır.

Eksiltilemez olan sistemdir, parçalar değil. Miller'ın mantığını kullanarakLego parçaları ile bu parçalardan oluşturulmuş makineleri ayırt etmeniz mümkün değildir. Açıkça, Miller her ikisinde de aynı şeyi görüyordu.

Miller'ın sözlerini tekrarlayan Begley, "Bu, tıpkı bir fare kapanı kolunun, sıçanları öldürmek için diğer parçalarla biraraya gelmeden önce iyi bir kürdan olduğunu keşfetmeye benzemektedir" yazmıştır.[166] Darwin'in kara kutusundaki 4. bölümü daha dikkatli okumalıydı.

Profesör Doolittle'ın verdiği örneği takip ederek, ilk fare kapanının üretimi ile ilgili bir rota çizebiliriz: Çekiç, garajımızdaki bir levyenin kopyalanması sonucu ortaya çıkmıştır. Çok sayıda şeker çubuğunun karıştırılması sonucu çekiç ve platform temas etmiştir. Büyükbabanın saatinden çıkan yay, fare kapanının yayı olmuştur. Tutucu çubuk atılmış bir kola kutusundan çıkan kamıştan, yakalayıcı dil de bira şişesinin kapağından türemiştir. Ancak gerçekte, süreç boyunca birileri ya da bir şeylerin rehberliği olmadan tüm bunlar gerçekleşmez.

Bıyık altından gülerek yazıyordum. Zira bir fare kapanının daha önceden başka amaçlarla kullanılan nesnelerin tesadüfen biraraya gelmesi ile oluşabileceği düşüncesini, çoğu okuyucunun aptalca bulacağına emindim. Ancak Miller ve Begley gerçekten ciddidir.

Daha teknik konuşmamız gerekirse Miller, benim ele aldığım eksiltilemez karmaşık biyokimyasal sistemlerin bazı bileşenlerinin hücre-

---

Darwinci evrim ile karşı karşıya gelmesi beklenebilecek bir durum yansıtmamaktadır. Örnek parçaların başta fare kapanından alındığını ve fare kapanındaki görevlerini yerine getirmek üzere tasarlanmış olduklarını göz ardı ediyor. Ancak evrimin tamamen başka amaçlarla kullanılan parçaları başka, karmaşık bir amaca uydurması beklenemez. Zorluğu anlamak için gerçek bir kürdan ve bir marketten alacağınız gerçek bir kâğıt tutucu ile (fazla değiştirmeden) fare kapanı yapmayı denediğinizi düşünün. Ayrıca sistemin karmaşıklığı fare kapanını geçtikçe zorluk da artmaktadır.

166 Begley, 2004.

de, Sil proteinleri tubulin ve dinein gibi, başka roller aldığını heyecan içinde duyurmaktadır.[167] Ancak on yıl önce kitabı ilk kez yazdığımda zaten bunu belirtmiştim. Örneğin 3. bölümde, "mikrotüpler pek çok hücrede mevcuttur ve hücrenin şeklini korumak gibi yapısal destek için yalnız bulunurlar. Ayrıca motor proteinleri de hücrenin bir ucundan diğerine kargo nakliyatı gibi başka işlere de müdahildirler" yazmıştım.[168] Yine de böyle başka rollerin mevcut olmasının eksiltilemez karmaşıklığa bir faydası olmadığını da vurgulamıştım: "Sil hakkında evrimci bir hikâye dolambaçlı bir yol tasavvur etmelidir. Belki de başka amaçlar için kullanılan parçaların Sil oluşturacak şekilde adapte edildiğini hayal etmelidir." Daha sonra da dolaylı yolların, mantığa neden son derece uygunsuz olduğunu göstermiştim.[169]

Kürdanlar fare kapanını, tubulin ve dinein ise Silleri açıklamaz. Siller hakkında Miller'ın Darwinci bir açıklaması yoktur, ancak düşüncesini kürdanlara dayandırmaktan hoşnut gibidir.

"(A) KISMI VE (B) KISMI"

University of Rochester'ın evrimci biyologlarından Allen Orr MIT tarafından yayınlanan *Boston Review* dergisi için Darwin'in kara kutusunu değerlendirdiği yazısında Kenneth Miller'ı değerlendirirken bir kürdanın bir fare kapanına dönüşebileceğini hemen reddetmektedir.

Eksiltilemez karmaşıklıktaki bir sistemin bazı parçalarının önceden başka amaçlarla kullanıldığını ve adım adım evrimleşerek tümünün yeni bir işlev yerine getirecek şekilde birleştiğini düşünebiliriz. Ancak bu da mümkün görünmemektedir. Arabanızın vites sisteminin yarısının, hava yastığı kısmının oluşmasına yardım edeceğini bekleyebilirsiniz. Bu tür olaylar çok nadiren gerçekleşir. Ancak eksiltilemez karmaşıklığın açıklanması için genel bir çözüm sunmaktan kesinlikle uzaktırlar.[170]

---

[167] www.millerandlevine.com/km/evol/design1/article.htm

[168] Aslında mikrotüpler "sadece yapısal destek" olmanın ötesinde işleve sahiptirler.

[169]

[170] Orr, H. A. (1996) "Darwin v. Intelligent Design (Again)", *Boston Review*, Dec/Jan.

Yine de Orr eksiltilemez karmaşıklık sorunu için, basit bir yol bulduğuna emindir.

Behe'nin en büyük hatası, bu olasılıkları (şanslı tesadüfler ya da kürdandan fare kapanına doğru evrimleşme) reddetmesidir. Ona göre Darwinci bir açıklama yapılamaz. Ancak bir tane yapılabilir. O da şudur: İndirgenemez karmaşıklıktaki bir sistem başlangıçta çalışıyor iken aşama aşama, daha sonra – meydana gelecek değişiklikler sebebiyle –zaruri hale gelecek- parçaların eklenmesiyle oluşturulabilir. Mantık çok basittir. Bazı parçalar (A) belki çok iyi olmasa da başlangıçta bir görev yapmaktadır. Diğer parça (B) ise A'ya yardımcı olması için daha sonra eklenmektedir. Bu yeni parça zaruri değildir, sadece orijinal sistemi geliştirmiştir. Ancak daha sonra A (ya da başka bir şey) bir şekilde değişir ve B de vazgeçilmez hale gelir. Bu süreç, başka parçalar eklendikçe devam eder. Nihayet günün sonunda bütün parçalar zaruri hale gelir.[171]

Yani Orr, benden farklı olarak eksiltilemez karmaşıklıktaki bir sistemin doğrudan oluşturulabileceğini düşünmektedir. Düşüncesini, örneğin bir taş yığını gibi basitçe büyüyen bir şeyle sınırlandırsaydı oldukça kısıtlı bir fikre sahip olabilirdi. Eğer uzun bir taş yığını (örneğin, daha büyük bir engel olarak) bir gelişme anlamına geliyorsa, taşları üste koymak faydalı olacaktı. Alttan bir taşı çekmek yığının çökmesine neden olacağından yığının adım adım gelişmesine rağmen eksiltilemez karmaşıklıktaki olduğunu söylemek çok da ilginç olmayacaktır. Her şeye rağmen Orr'un argümanı, benim söz ettiğim somut örnekler ya da hücrelerde çok yaygın olan ve farklı parçaların birbirleriyle etkileşmek zorunda olduğu sistemler hakkında kesinlikle hiçbir şey söylememektedir. Kendi başına bir fare kapanı ya da kamçı olarak davranan olağanüstü (A) parçası gerçekte nedir? İşlevi geliştirmek üzere daha sonra eklenen (B) kısmı nedir? Bu hayali gelişim yolunun detayları hakkında Orr'un söyleyebileceği bir şeyler var mı? Ne fare kapanı ne de Darwin'in kara kutusundaki biyokimyasal sistemler hakkında, Orr'un söyleyebileceği bir şey yoktur. Onun Darwinci açıklaması

---

171 Orr.

gerçek, biyolojik eksiltilemez karmaşıklıktaki sistemler karşısında dilsizdir.[172]

Allen Orr da benim yaptığım gibi eksiltilemez karmaşıklık terimiyle birlikte dikkat çektiğim problemle, ciddi bir şekilde ilgilenmek yerine Robert Pennock ve Kenneth Miller gibi akıllı tasarım hayalini biyolojiden uzaklaştırmaya çalışmaktadır. Onlara göre, kısım (A) ve kısım (B) gibi eğlenceli sözcüklerle sıkıntı aşılabiliyorsa bir sorun yoktur – gerçek bir açıklamaya gerek bile kalmamıştır. Orr bu yazıyı ilk kez 1996'da yazmıştı. Dokuz yıl sonra *The New Yorker* dergisinde aynı bulanıklığı sergileyen varsayımlı uzun bir makale yazdı.[173] Dokuz yıl ve hiç gelişme yok. Görünen o ki, bazıları yüksek bir bedel ödemeye istekli iken daha fazlası da bakışlarını tasarımdan uzaklaştırma hevesindedir.

OLUMLU OLANI VURGULAMAK

Eksiltilemez karmaşıklık konsepti ile ilgili kafa karışıklığı yaşanmıştır. Bunun yanında bazı hoşnutsuz eleştirmenler, akıllı tasarımın olumlu delilleri karşısında duydukları şaşkınlığı itiraf etmiş ya da gerçekten böyle bir şeyin olup olmadığını yüksek sesle sormuşlardır. Bu

---

172 Pek çok Darwinci yankı odası örneklerinden birisi olan *Tower of Babel*'da Robert Pennock kendisinin de onayladığı ve Orr'a ait hipotezsel (A) ve (B) parçaları açıklamasından bahsetmektedir. Ancak böyle açıklamaların gerçek fare kapanı ya da biyolojik örneklere nasıl uygulanacağı konusunda sessizliğini korumaktadır.
Fare yakalama işlevini muhafaza eden bir fare kapanının tedricen elde edilmesi için çizgi filmbenzeri çabalar University of Delaware biyologu John McDonald tarafından internette yayılmaktadır. Ancak cevabımda da işaret ettiğim gibi bu çalışma da Darwin'in teorilerine son derece ters bir şekilde akıllı bir kılavuz tarafından gerçekleştirilmektedir. Ancak birisi çıkıp basit bir fare kapanının kılavuzsuz bir dizi adım sonunda biraraya getirilebileceğini anlamanın zor olup olmadığını, hücrenin muazzam karmaşıklıktaki makineleri için ise bunun çok daha zor olup olmadığını da sorabilir. (Canlandırmalı bir versiyon http://udel.edu/~mcdonald/mousetrap.html adresinde bulunabilir. Orijinal versiyon ise http://udel.edu/~mcdonald/oldmousetrap.html adresindedir. Zekânın müdahalesini ayrıntıyla açıkladığım cevap ise www.arn.org/docs/behe/mb_mousetrapdefended.htm adresindedir.)

173 "Ancak biyologlar eksiltilemez karmaşıklığa giden doğrudan yollar olduğunu göstermişlerdir. Bir parçanın sadece performansı yükselttiği için sisteme eklendiğini varsayalım. Bu parça bu aşamada işlev için gerekli değildir." Orr., H. A. Devolution (2005), *The New Yorker*, May 30. Görünüşe göre derginin alaylı okuyucu kitlesini hedef alan Orr (A) ve (B) parçalarını bir kenara bırakmıştır.

argüman bazılarının karikatürize ettiği gibi, Darwinizm'in biyolojik karmaşıklığı nasıl açıkladığını bilmeyenlerin safça ulaştığı bir düşünce midir? Sadece cehaletten kaynaklanan bir argüman mıdır?[174]

Tabii ki değildir. 9. bölümde de yazdığım gibi tasarım, parçaların bir amaca yönelik düzenlenmiş olmasından anlaşılabilir. Fare kapanı ya da kamçı gibi eksiltilemez karmaşıklıktaki sistemler bu şekilde ele alınırsa, Darwin'inki gibi aşamalı gelişim açıklaması için olumsuz, tasarım için olumlu deliller olarak görünecektir. Olumsuz olmasının sebebi şudur: Böyle etkileşimli sistemler küçük adımlardan oluşan Darwinci bir yol açıklamasını dışlamaktadırlar. Parçaların, bizim tasarımı tespit ettiğimiz şekilde, bir amaca yönelik olarak düzenlenmiş olması da olumlu tarafıdır.

Şimdi yaşamdaki akıllı tasarımla çok ilgilenen bir başkasının sözleri ile olumlu argümanı daha da güçlendirmeme izin verin. "Biyoloji, bir amaç için tasarlanmış görünen karmaşık nesneler üzerinde çalışmaktır." Richard Dawkins, Darwinizm'i savunduğu *The Blind Watcmaker* adlı kitabının ilk bölümünün ilk sayfasında böyle demektedir. Dawkins'in biyoloji tanımını tekrarlamama izin verin: Tasarlanmış görünen nesneler üzerinde çalışmak. Dawkins yazdığı yazıda, biyolojide yıkmaya niyetlendiği tasarım düşüncesine, olumlu bir yer ayırmaktadır. Canlı organizmalarda, Darwinizm'in sadık bir savunucusunun bile tasarımı görmesini sağlayan nedir? Tasarım düşüncesi, başka bir şey düşünemediğimiz için ulaştığımız bir sonuç değildir. Dawkins'e göre, içimizdeki mühendis ile temasa geçtiğimiz zaman bu sonuca ulaşırız:

Canlı bir varlık ya da organ, eğer uçma, yüzme ya da görme gibi anlamlı bir amacı gerçekleştirmek için akıllı ve bilgili bir mühendis tarafından yapılabilecek özelliklere sahip ise, tasarlanmış olduğunu söyleyebiliriz... Bir organizma ya da organın bir mühendisin düşünebileceğinin en iyisi olduğunu varsaymak zorunlu değildir... Ancak bir mühendis bir nesnenin sadece yapısına bakarak, bir amaç için zayıf da

[174] Blackstone, N. W. (1997), "Argumentum ad Ignorantium", *Quarterly Review Biology* 72:445-447.

olsa tasarlandığını görebilir ve bu amacın ne olduğunu anlamaya çalışabilir.[175]

Diğer bir ifadeyle tasarım sonucuna, bir dizi elemanın tanımlanabilir bir işlevi yerine getirmek için biraraya geldiğini – parçaların anlamlı düzenini – gördüğümüzde, fiziksel kanıtlardan yola çıkarak varırız.

Dawkins, yaşamdaki bazı beli belirsiz tasarım izlerini istemeyerek kabul etmez. O, doğal seleksiyona atfettiği tasarımın kahredici bir görüntüsü olduğu yönünde ısrar etmektedir.

"Fakat doğal seleksiyonun canlı neticeleri her yeri kaplamıştır ve bizi, usta bir saat üreticisi gibi, tasarım görüntüsü altında etkilemektedir. Tasarım ve planlama illüzyonu ile etkilemektedir."[176]

Dawkins'e göre yaşamdaki tasarımın olumlu belirtileri şunlardır: (1) parçaların fiziksel düzenine dayanmaktadır ve (2) her yeri kaplamıştır. Ve tasarımın olumlu belirtileri her yeri kapladığı için, nispeten daha az açıklamaya gerek vardır. Diğer yandan, özellikle moleküler seviyede, Richard Dawkins'in sık sık atıf yaptığı rastgele mutasyon ve doğal seleksiyonun, neden yaşam için güçlü açıklamalar olamayacağını anlayabilmek için dikkat gerekmektedir. Zaten bu kitap da büyük oranda bu konuya ayrılmıştır. Kitabın sonunda şunu görürüz: Moleküler makine sisteminin olağanüstü karmaşıklığının Darwin'in evrim teorisine göre açıklanması için çok az delil vardır; böyle bir mekanizmanın bu işi yapacağını düşünmemizi engelleyen şey eksiltilemez karmaşıklıktır; karmaşıklık, üst seviyelere biyolojinin göre alt seviyelerinde her yeri kaplamaktadır.

Burada tasarım argümanını özetleyebiliriz: (1) Parçaların bir amaca hizmet için düzenlendiğini gördüğümüzde tasarım düşüncesine varırız. (2) Bu çıkarım niceldir ve kanıtlara bağlıdır. Yani parçaların sayısı, karmaşıklığı ve genel fonksiyonun gelişmişliği arttıkça çıkarım da güçlenecektir. Yeterli kanıt olduğunda ise tasarımdan "neredeyse" emin olabiliriz. Bir fundalıkta koşarken (kronometre bir yana) bir saate rastlarsak – Paley'in de doğru bir şekilde ifade ettiği gibi – hiç

---

[175] Dawkind, R. (1986). *The Blind Watchmaker*, Norton, New York, s. 21.
[176] Dawkins.

kimsenin, doğadaki başka herhangi bir şey kadar, onun tasarlanmış olduğundan şüphesi olmayacaktır. (3) Yaşamın çeşitli yönleri, bize tasarımı etkileyici bir biçimde göstermektedir. (4) Güçlü bir tasarım görüntüsü için, Darwinci iddialara rağmen, tatmin edici başka bir açıklamamız olmadığına göre, yaşamın parçalarının aslında akıllı bir tasarımcı tarafından belirli bir amaca yönelik olarak tasarlandığı, düşüncemizde haklı çıkmış oluyoruz.

Önemli, ancak genellikle gözden kaçan bir nokta da tasarımın her yeri kaplayan görüntüsünün kanıtlama zorunluluğunu ciddi şekilde etkilemesidir: Tasarımın açıkça mevcut olması durumunda kanıtlama yükümlülüğü gözün gördüğünü reddeden birisinin üzerindedir. Örneğin, Paskalya Adası'ndaki heykel ya da Rushmore Dağı'ndaki görüntülerin akıldan yoksun güçler tarafından oluşturulduğunu iddia eden birisi, bu iddiasını kanıtlamak zorundadır. Bu örneklerde, tasarım düşüncesine olumlu katkıda bulunan kanıt, nesneleri oluşturan parçaların belirli bir amaç için dizilmiş olmasıdır. Bu nesnelerin gerçekte (erozyon ya da açıklanmamış başka güçler gibi), akıldan yoksun süreçler sonucunda oluştuğuna dair mantıklı bir kanıt bulabilmek için, böyle bir sürecin ilgili işi gerçekten yapabileceği gösterilmelidir. Böyle açık bir gösterim yapılamazsa, tasarım açıklamasını tercih eden birisi mantıksal olarak haklı çıkmış olacaktır.

Bana göre bu faktörler, Darwinci biyologların şaşkınlığına rağmen kamuoyunun büyük bölümünün akılsız süreçleri yaşam için neden yeterli bir açıklama olarak görmediğini büyük oranda ortaya çıkarmaktadır. İnsanlar yaşamda güçlü bir tasarım algılarlar, Darwinci argüman ve örneklerden etkilenmezler ve çok şükür kendi düşüncelerini kendileri oluştururlar. Darwin'in oyunlar çevireceği güçlü, ikna edici bir kanıt olmadan insanların tasarımı benimsemesi gayet mantıklıdır.[177]

[177] İnsanların kararlarını etkileyen eğitim kalitesinin yanında tabi ki sosyal baskı gibi faktörler vardır. Bir bütün olarak bilim ve akademi çevrelerinde tasarımcı açıklamaların reddedilmesi yönünde yoğun bir toplumsal baskı vardır. Toplumsal durum halk için oldukça farklıdır.

ARADAN GEÇEN TÜM YILLARA RAĞMEN SÜREN SPEKÜLASYONLAR

Son on yılda Darwin'in Kara Kutusu, resmi bilimsel çevrelerin sert eleştirilerine maruz kaldı. Yaşamın akıllı tasarım ürünü olduğu şeklindeki zararlı fikrin yayılmasına karşı, yandaşlarına acil çağrıda bulunan profesyonel bilim gruplarının sayısı oldukça azdı.[178] Tabii ki akıllı tasarımı gözden düşürmenin meşru olan en iyi yolu da Darwinci bir prosesin savunucularının, iddia ettikleri işi gerçekten yaptıklarını göstermektir – yaşamın moleküler temelinin işlevsel karmaşıklığını açıklamaktır. Yine de müthiş motivasyona rağmen ve yaşamın nasıl işlediği konusunda biyokimyanın son on yılda kaydettiği devasa gelişmeler karşısında, Darwin'in Kara Kutusu kitabında ele alınan örnekleri, Darwinci ıstılahla açıklamaya çalışan ciddi bir girişim –spekülatif birkaç hikaye dışında – olmamıştır. Darwin'in internet fanları her çeşit tercüme hayalinde olsalar da Darwinci ciddi açıklamalar bilimsel dergilerde yayınlanmıştır. Şimdi 3 ve 7. bölümler arasında ele aldığımız örnekleri tartışan son birkaç rapora bakalım.

İlk eksiltilemez karmaşıklık örneği, 3. bölümde ele alınan Siller olup yüzlerce protein parçasından oluşan, karmaşık moleküler bir makinedir. En belirsiz evrimci terimlerle de olsa Silleri açıklamaya çalışan ilk makale, 1996'da yayınlanmıştır. Yine de böyle gelişkin bir makinenin Darwin'in evrim teorisine uygun bir açıklaması – böyle bir aygıtın nasıl evrimleştiği sorusuna verilecek gerçekçi bir cevap – Sillerin çalışmasına imkân tanıyan sayısız kritik ayrıntıyla ilgilenmesi ve onların her birinin rastgele mutasyon ve doğal seleksiyon ile nasıl ortaya çıkabileceğini mantıklı bir şekilde göstermesi gerekmektedir. Her biri bir öncekine göre gelişme sağlayan, getirisi götürdüğünden fazla olan ve geçici olarak gelişmişlik gösterip sonradan yok olmayan yapılar izah edilmelidir. En azından, böyle bir yapının ilk başta nasıl çalıştığı yanında rastgele mutasyon ve doğal seleksiyon ile nasıl evrimleşmiş olabileceği anlatılmalıdır. En kötümser düşünce bile böyle kar-

[178] The National Center for Science Education – Darwinci bir izleme grubu – kolaylık açısından gruplara ayrılmış bir ihbar listesini www.ncseweb.org adresinde tutmaktadır.

maşık bir yapının, Darwinci bir tarzda nasıl evrimleşebileceği hakkında gerek teorik gerekse deneysel yüzlerce rapor, çok sayıda eleştiri, kitap, toplantı ve daha fazlasını bekleyecektir.

Bilim dünyası son on yılda Sillerin hastalıklardaki beklenmeyen rolü dâhil nasıl çalıştığı hakkında olağanüstü gelişmeler kaydetmiştir.[179] Ancak bu dönemde – genlerin üst üste sıralanmasına ve hücredeki yeni karmaşıklık seviyelerinin keşfine rağmen – Sillerin evrim teorisine uygun gelişimine uzaktan da olsa değinen hiçbir çalışma yoktur. Darwin'in teorisi suda boğulmuştur. Mevcut durumu canlandırmanın en hızlı yolu Siller hakkında yazılan son raporlardan birisinin başlığına bakmaktır: "9+2 organellerin evrimi ve merkezi mikrotubul çiftinin rolü hakkında spekülasyonlar." Diğer bir ifadeyle varsayımlar ilginçleşip tahminler daha cezbedici bir hal alsa da, Darwinci çevreler kaynak sıkıntısı çekmektedir. Raporun özeti hayal gücünün hikâyedeki eksen rolünü göstermektedir:

Son gelişmeler, bu organellerin ilk ökaryot hücrelerde birden fazla görevi olabileceğini göstermektedir... Bize göre ilkel Siller ilk ökaryotlarda hücre polaritesi ve hareket yönlendirmesinde rol almış olabilirler... Asimetrik bir merkezi aygıtın eklenmesiyle yön kontrolünün daha hassaslaştığına inanıyoruz... Bu rapor, bu evrim sürecindeki varsayımsal adımları ve varsayımı destekleyen örnekler sunmaktadır.[180]

"Doğal seleksiyon" ya da "rastgele mutasyon" ifadeleri bir yana "seleksiyon" ya da "mutasyon" kelimeleri raporun hiçbir yerinde geçmemektedir. Başka herhangi bir mutasyondan da bahsedilmemiştir. Bütün bilimler spekülasyonla başlar, ama sadece Darwinizm her zaman spekülasyonla bitmektedir.[181]

---

179 Pazour G. J., and Rosenbaum J. L. (2002) "Intraflagellar Transport and Cilia-dependent Diseases", *Trends in Cellular Biology* 12: 551-555.

180 Mitchell, D. R. (2004), "Speculations on the Evolution of 9+2 Organelles and the Role of Central Pair Microtubules", Biol. Cell., 96: 691-696.

181 Ken Miller tasarım karşıtı iddialarını gündeme getirdiği *Finding Darwin's Book* (1999) adlı kitabında 3. bölümdeki 9+2 Silden daha basit olduğunu söylediği sillere işaret etmektedir. Belki de bu yaygın Sile öncel olabilecek bir yapıydı. Onun hikâyesi nihai anlamda şüpheli ve spekülatif olmanın yanında (bir Silin 200 parçadan oluştuğu düşünülürse) veriyle de bağdaşmamaktadır. Yukarıda bahsedilen raporda bahsedildiği gibi:
Hareketli olsun ya da olmasın günümüzdeki tüm Siller ve (bakteri değil ökaryot) kamçılar açıktır ki, 9+2 versiyonundan türemişlerdir. Az rastlanan hareketli 14+0, 12+0, 9+0,

"DARWİNCİ ÜÇ AKSİYOM"

Darwin'in Kara Kutusu'nda ele alınan diğer örneklerin durumu da Sillerden farklı değildir. Bakteri kamçısının (ilk sayfada da görüldüğü gibi) etkileyici mekanizması belki de onu tasarımın en bilinen örneği haline getirmiştir. Yale Üniversitesi'nin önemli biyokimyacısı Robert Macnab, 2003'teki zamansız ölümünden önce *Annual Review of MiCrobiology* başlıklı makalesi için bu aygıtı incelemişti. 7000 kelime içeren makalede son cümlelerden birisi hariç "evrim" ya da türevi hakkında bir kelime geçmemektedir. Kamçı ve ona benzeyen III. tip salgılama sistemine (TTSS) atıf yapan Macnab, "Doğa açıkça bu gelişmiş aygıt tipi için faydalı iki kullanım alanı bulmuştur. Kamçının daha eski olduğu tahmin edilse de onların nasıl evrimleştiği başka bir meseledir."[182] "Doğal seleksiyon" ifadesine hiçbir yerde rastlamıyoruz.

Kamçının başlangıçta tahmin edilenden daha karmaşık olduğunun, ayrıca beklenmeyen, gelişmiş protein pompalama mekanizmasının ve protein pompayı temsil eden yapıların bağımsız olarak var olabildiğinin keşfi, Darwincilerin yüreğini titretmişti. Masum iyimserlik, Ken Miller'ın eksiltilemez karmaşıklığı retorik olarak yeniden tanımlamasına dayanıyordu. O, eksiltilemez karmaşık sistemlerin parçalarının başka bir işe yarayamayacağını iddia etmekteydi. Kamçının bir alt kümesi TTSS'nin bir parçası olarak ortaya çıktığına göre, Miller'ın iddiası çiğnenmiş oluyordu. Bu da derin düşünmeyen bazı Darwincilerin neşelenmesine neden oldu.

Ancak yukarıda da işaret ettiğim gibi eksiltilemez karmaşık sistemleri oluşturan parça ya da kümelerin başka ya da daha fazla işleve sahip olmaması için hiçbir neden yoktur ve kelime oyunları gerçek

---

6+0 ya da 3+0 uzantılar ya da hareketsiz 9+0 uzantısı hep 9+2'den eksiltme ya da değiştirme yolu ile türemiştir.
Diğer bir ifadeyle Robert Pennock'ın daha az karmaşık saatinin daha karmaşık bir kronometreden türemesi gibi daha az karmaşık Siller de daha karmaşık bir Sil çeşidinden türemiştir. Açıktır ki daha karmaşık olandan daha az karmaşık olanın evrimleştiğini iddia etmek bulanık da olsa Darwinci bir açıklama değildir.

182 Macnab, R. M. (2003), "How Bacteria Assemble Flagella", *Annual Review Microbiology* 57: 77-100.

açıklamaların yerini tutamaz. Ne TTSS ve kamçı ne de ikisi arasındaki bir nesne, profesyonel bilim literatüründe Darwinist bir çerçeveden ciddi bir şekilde incelenmemiştir. Bunu görebileceğimiz en iyi yer, "Biyoinformatik genler ve kamçısız III. tip salgılama sistemlerinin evrimi: Darwinci bir bakış açısı"[183] başlığını taşıyan makaledir. Bu rapordan "III. tip bir salgılama sisteminin, proteinlerin bakteri sitoplâzmasından iç ve dış zarlar ile periplazmadan geçerek uzaklaştırılması için, ATP hidrolizinden yararlanan mükemmel bir mühendislik ürünü moleküler bir pompa olduğunu" öğreniyoruz.

Ancak rapor, gen sıralama projelerinden elde edilen DNA dizilimlerini incelemektedir. 8. bölümde söylediğim gibi sıraların incelenmesi ilginç sonuçlar verse de, bir yapının mutasyon ve doğal seleksiyonla ortaya çıkmadığını göstermez. Verinin "Darwinci üç aksiyomun ışığında" incelendiğini öğreniyoruz: "(1) Evrimle ilgili konular... (2) Varyasyonla ilgili konular... (3) Eksiklik tahmini..." Bununla beraber bulanık özdeyişler veri değildir ve bilim bu ikisini birbirine karıştırdığı sürece ilerleyemez.

Darwin'in Kara Kutusu kitabının 6. bölümünde, karmaşık bağışıklık sistemi ve Darwinci çerçeveye karşı meydan okuması ele alınmaktadır. 2005 yılında "Antikor tabanlı bağışıklık sisteminin aşamalı evrimi"[184] gibi ümit verici başlık taşıyan bir rapor yayınlanmıştır. Aşamalı evrim hakkında yazılanlar ne kadar ilginç olursa olsun Darwinci evrim hakkında hiçbir şey söylememektedir.[185] Aslında Darwin'den hiç bahsedilmemiştir. "Doğal seleksiyon" ifadesine de hiç rastlanmadığı gibi, "seleksiyon" kelimesi de sadece bir yerde geçmektedir. "Mutasyon" iki kere kullanılmıştır, ancak ne kastedildiği tam olarak belli değildir. En çok kullanılanlar "muhtemelen", "hayal edin", "olabilir", "olmalı" gibi kelimelerdir. Makalenin sonunda yazar, gelecekte belir-

---

183 Pallen M. J., Beatson S. A., and Bailey C. M. (2005), "Bioinformatics, Genomics and Evolution of Non-flagellar Type-III Secretion Systems: A Darwinian Perspective", *Fems Microbiol. Rev.* 29: 201-229.

184 Klein J., and Nikolaidis N. (2005), "The descent of the antibody-based immune system by gradual evolution", Pro. *National Academy of Science USA* 102:169 74

185 Yazarların "tedricilik" fikri hakkındaki düşünceleri geniştir: Bir proteinin bir kez görülmesinin o kategorinin bütün üyelerinin şu anda yer aldığı faaliyetleri açıklamaya yeteceğini düşünüyorlardı. Bu da yatak yayının saat yayını açıklayabileceğini söylemeye benzemektedir.

siz bir zamanda bazı deneylerin yapılacağını tahmin etmektedir. Başka türlü yazdıkları senaryonun "sadece spekülasyonlardan oluşan bir âlemde umutsuzluğunu sürdüreceğini" söylemişlerdir. Diğer bir ifadeyle, yazarların kendileri de raporun spekülatif olduğunun farkındadırlar. Bütün bilimsel açıklamalar spekülasyonla başlayabilir, ancak hiç birisi spekülasyonla bitmez.

4. bölüm pıhtılaşma kaskadını anlatmaktadır. 2003 yılında Russel Doolittle ve bir yardımcısı "Omurgalıların kan pıhtılaşma sisteminin, bir balon balığı ile deniz fıskiyesinin gen karşılaştırması açısından incelenmesi" başlığını taşıyan bir rapor yayınladılar. Başlıktan da anlaşıldığı üzere sadece sıra karşılaştırması yapmaktadır. On yıl önce 4. bölümde belirttiğim gibi, hangi proteinlerin birinci ya da ikinci olduğu ve kimin kiminle akrabalığı olduğu hakkında ilginç bir tablo sunabilir, ancak nasıl oluştuğu hakkında hiçbir şey söyleyemez. Aynı yıl "Omurgalıların kan pıhtılaşma şebekesinin moleküler evrimi"[186] başlığı taşıyan başka bir rapor yayınlandı. O da, birkaç paragrafı spekülasyonla dolu olan ve sıra karşılaştırma çalışmasından başka bir şey olmayan bir yazı idi.

Bugün durum on yıl öncekinden farklı değildir. 8. bölümde de yazdığım gibi:

Bilim literatüründe herhangi bir gerçek, karmaşık biyokimyasal sistemin moleküler evrim sonucu nasıl oluştuğunu ya da en azından oluşmuş olabileceğini açıklayan hiçbir yayın – prestijli dergiler, bilim dergileri ya da kitaplar – yoktur. Böyle bir evrimin gerçekleşmiş olduğuna dair iddialar etrafta dolanmaktadır, ancak istisnasız tamamı ne geçerli deneyler ne de hesaplamalarla desteklenmektedir.

EN SON SORU

Siller, kamçı, kan pıhtılaşması ve bağışıklık sistemi hakkında burada alıntı yaptığım raporlar Darwincilerin 1996'dan beri kompleks moleküler makinelerin kökeni üzerine yaptığı en iyi çalışmalardır. Son

---

186 Davidson C. J., Hirt R. P., Lal K., Snell P., Elgar G., Tuddenham E. G., and Mcvey J. H. (2003), "Molecular Evolution of the Vertebrate Blood Coagulation Network", *Thromb Haemost* 89: 420-428.

yazılan makaleler genellikle sıradan insanların okuması için olup, tasarım argümanı karikatürleştirilmiş ve en son soruya – doğal seleksiyonun gücünün kanıtı nedir[187] – kısa bir zaman ayrılmıştır. 2005 yılında Chicago'da yaşayan evrimci biyologlardan Jerry Coyne, *The New Republic* dergisi için "The Case Against Intelligent Design" başlığını taşıyan ve 14 000 kelimeden oluşan bir makale yazmıştır. Coyne makalede Scopes (anlama yeteneği olan) maymun davasından bilimde "teori" kelimesinin kullanımına, Henry Morris ve Institute for Creation Research'tan Yeni Zelanda'nın uçamayan kiwi kuşlarına kadar pek çok konuyu ele almıştır. Bunların arasında en son soru alan rastgele mutasyon ve doğal seleksiyonun gücünün kanıtı meselesi, kendine sadece iki defa yer bulabilmiştir:

Biyologlar şu anda bakterilerin antibiyotiklere karşı direnci, böceklerin DDT'ye direnci ve HIV'in antiviral ilaçlara karşı direncinden başlayarak, doğal seleksiyon hakkında pek çok olay gözlemlemiş durumdadır. Doğal seleksiyon evrimleştirme gücü olmamasına rağmen, balık ve farelerin kamuflaj yolu ile büyük yaratıklardan korunmasını ve bitkilerin topraktaki zehirli minerallere adaptasyonunu açıklamaktadır.[188]

Ancak antibiyotiklere, DDT'ye ve HIV'in ilaçlara karşı direnci yıllardır bilinen şeylerdir. *Darwin'in Kara Kutusu* kitabı ilk yazıldığında Coyne'un verdiği örnekler zaten biliniyordu ve örneklerdeki olayların tümü de küçük, basit moleküler değişimlerle ilgilidir. Hiçbiri kitaptaki örneklerden herhangi birini açıklamaya yardımcı olmaz.

---

187 Bazı yorumcular evrim teorisinin Darwin'i geçtiğini ve biyolojide doğal seleksiyon dışındaki mekanizmaların iş gördüğünü iddia etmişlerdir. Ancak diğer mekanizmaların konuyla ilgisi yoktur. Görünen tasarımı açıklama çabasında sadece doğal seleksiyon önemlidir. Jerry Coint burada bu konuya dikkat çekmektedir:
Darwin'in teorisi 1859'dan beri genişledi ve bazı evrimsel değişimlere doğal seleksiyon dışındaki güçlerin neden olabileceğini artık biliyoruz. Örneğin farklı gen varyantları frekanslarında meydana gelen rastgele ve uyum sağlamayan değişimler – yazı-tura atışının genetik karşılığı – DNA dizilerinde evrimsel değişimler üretmektedir. Ancak doğanın "tasarlanmış" görünmesine neden olan seleksiyon hâlâ organizma ile çevre (ya da organizma ile organizma) arasında uyum yaratan yegâne sebep olarak bilinmektedir. Coyne, J. A. (2005), "The Case Against Intelligent Design. The Faith That Dare Not Speak Its Name", *The New Republic*. August 22.

188 Coyne.

Coyne, gerçek akıllı tasarım argümanıyla yüzleşmekten kaçınmaktadır. Gelişmiş moleküler makineler hakkında Profesör Coyne ne söylemektedir? İstemeyerek kabul ettiği bir şey vardır: "Biyokimyasal sistemlerin çoğunun korkunç derecede karmaşık olduğuna şüphe yoktur." Ancak düşünmeden sonuca varmayın. Zira "biyologlar 'eksiltilemez karmaşıklıktaki' biyokimyasal gelişim yollarının evrimleşmiş olabileceğini gösteren makul senaryolar oluşturmaya başlamıştır."

Makul senaryolar Siller, kamçı ve kan pıhtılaşması gibi burada atıf yaptığım raporlardaki örnekler hakkında olmalıdır. Chicago Üniversitesi'nin mikrobiyologlarından James Saphiro, *Darwin'in Kara Kutusu* 1996'da yayınlandıktan sonra kaleme aldığı bir inceleme yazısında, "Herhangi bir temel biyokimyasal ya da hücresel sistemin gelişimi ile ilgili ayrıntılı bir Darwinci açıklama yoktur. Olan, sadece iyi dileklerle dolu spekülasyonlardır"[189] açıklamasını yapmıştır. Aradan geçen on yılda değişen bir şey yoktur. İyi dileklerde bulunan spekülasyonlar ya da makul senaryolar adını verebilirsiniz. Ancak iki durumda da gerçek cevapları bulamayacaksınız.

GELECEKTEKİ MANZARA

Gelecekte yaşanması muhtemel gelişmeler göz kamaştırıcı olacaktır, zira kişi ya da grupların tercihlerine değil, veriye dayanmaktadır. Akıllı tasarım hipotezinin gelişmesi benim ya da başka birinin yazıları ile değil, yaşamı anlamaya çalışan bilimdeki gelişmeler sebebi ile olmuştur. Darwin'in yaşadığı dönemde hücrenin çok basit olduğu düşünülüyordu. O kadar ki Thomas Huxley ve Ernst Haeckel gibi üst düzey bilim adamları, Darwinizm'e uygun şekilde hücrenin denizdeki tortudan kendiliğinden ortaya çıkabileceğini ciddi olarak düşünüyorlardı. Daha elli yıl öncesine kadar, bilinen şeylerin azlığından dolayı, Darwinci evrimin yaşamın temelini açıklayabileceğine inanan pek çok

---

[189] Shapiro, J. (1996), "In the Details... What?" National Review, Sept. 16, 62-65. Shapiro'nun değerlendirilmesi Colorado State University'nin emekli biyokimya profesörlerinden Franklin Harold'un yazdığı kitapta da (The *Way of the Cell* (Oxford, 2001)) desteklenmiştir: "...herhangi bir biyokimyasal sistemin ayrıntılı bir Darwinci açıklaması olmadığını, sadece çeşitli spekülatif kuruntuların ortada dolaştığını kabul etmeliyiz."

insan vardı. Ancak bilimin hızla ilerlemesi ve hücrenin olağanüstü karmaşıklığının ortaya çıkması ile akıllı tasarım fikri çok daha zorlayıcı bir hale geldi. Bilimin yaşamın temelinde keşfettiği her bir yeni gelişmiş, karmaşık makine örneği ile akıllı tasarım düşüncesi daha da güçlendi. 1996'da ihtişam zaten görülebiliyordu, ancak geçen on yılda görüntü daha da netleşti. Gelecekte hangi seviyeye ulaşacağını tahmin etmek neredeyse imkânsızdır.

Akıllı tasarım hipotezinin bilimsel durumunun güçlenmekte olduğu kesindir. Bununla birlikte insanların akıllı tasarıma göstereceği tepkiyi göz önüne alan daha farklı, daha belirsiz bir konu vardır. Gelecek yıllarda toplum ve bilimsel gruplar akıllı tasarım hakkında ne düşünecekler? Sosyoloji ve siyasetin, bilime göre soracak çok sorusu vardır. Diğer yandan, gazete editörleri hoşnut olmasa da anketlere göre tasarım düşüncesine inanan insanlar çoğunluktadır. Diğer yandan bilim dünyasının Darwinizm'e dayanarak yükselen büyük bölümü, Darwinci terimlerle düşünmeye alışmıştır. Yine de zaman geçmekte ve bazı şeyler değişmektedir. *Nature* dergisi kısa bir süre önce düzenlenen ve yalnızca davetlilerin girebileceği, öğrenciler ile Nobel Ödülü kazanmış bilim adamlarını biraraya getiren bir toplantıyı haber yapmıştır. Bu yıl düzenleme komitesi ... katılmak isteyen genç bilim adamlarına rekabet şansı vermek için dünyanın her yanındaki akademilere ve diğer kurumlara davetiyeler gönderdi, ancak sonra 10.000 kişilik davetli listesini azalttı. 2005'in son listesinde 720 davetli vardı ve katılımcı profili de değişmişti: akademik bilgisi yüksek, araştırmasının toplum üzerindeki etkilerinin farkında olan ve çok iyi İngilizce konuşan. Genellikle otuz yaşın altında olmalarına rağmen büyük bölümü doktorasını yapmakta olan ya da yapmış kişilerdir.

Ancak öğrenciler şaşırtıcı sorular sormuştur:

Christian de Duve'un (Tıp, 1974) yürüttüğü evrimci biyoloji tartışmasının ardından şu cümle sarf edilmiştir: "Farklı kültürlerden gelen öğrencilerin sordukları sorular ilginç. [Günter Blobel (Tıp, 1999)]" Bazı öğrencilerin akıllı tasarımın "yaratıcı kılavuz eli"ne duydukları ilgi karşısında şaşkınlığını gizleyememişti.[190]

---

[190] Abbott, A. (2005), "Nobel laureates: Close encounters", *Nature* 436: 170-171.

EK

YAŞAMIN KİMYASI

Bu bölüm ilgilenen okurlar için yaşamın temelini oluşturan biyokimyasal ilkelere genel bir bakış sunmaktadır. Kitaptaki iddiaları izleyebilmek için bu bölümü okumanız şart değildir, ancak geniş bir çerçeveden bilgi vermektedir. Burada hücreleri ve önemli biyomolekül sınıflarını – proteinler ve nükleik asitler ile kısaca lipit ve karbonhidratları – ele alacağım. Daha sonra genetik bilginin nasıl ifade edilip çoğaltıldığı sorusuna odaklanacağım. Tabii ki kısıtlı olmasından dolayı bilgiler eksik olacaktır. Bu yüzden yaşamın mekanizmasına gerçekten ilgi duyanları kütüphaneden bir biyokimya kitabı alıp okumaları konusunda uyarıyorum. Büyüleyici bir Liliput dünyası bizleri bekliyor.

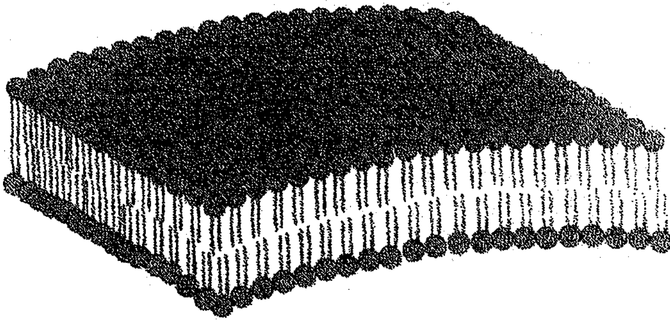
HÜCRELER VE ZARLAR

İnsan bedeni trilyonlarca hücreden oluşmaktadır. Diğer büyük hayvanlar ve bitkiler de çok büyük miktarlarda hücre yığınıdır. Organizmanın boyutu azaldıkça hücre sayısı da azalmaktadır. Örneğin küçük C. elegans solucanı sadece bin civarında hücreden oluşmaktadır. Skalayı küçülttükçe en sonunda maya ve bakteri gibi tek hücreli filumlara ulaşırız. Daha aşağı seviyelerde bağımsız bir canlıya rastlamak mümkün değildir.

Hücrenin yapısı incelenirse, neden yaşamın temel birimi olduğu anlaşılacaktır. Hücrenin belirleyici özelliği zarıdır ve bu kimyasal yapı, hücrenin içi ile dışını birbirinden ayırır. Bir zarın sağladığı koruma sayesinde hücre dışarıda hâkim olan şartlardan bağımsız olarak içeride kendi koşullarını sürdürebilir. Örneğin, hücreler enerji üretimi için kullanabilecekleri besinleri yoğun bir biçimde tutabilirken, yeni üretilmiş materyallerin dışarı kaçmasını engelleyebilirler. Zar olmasaydı, yaşamı sürdürmek için gerekli olan metabolik tepkimeler israfla sonuçlanacaktı.

Hücre zarları amfifilik moleküllerden oluşmaktadır ve ev temizliğinde kullanılan sabun ve deterjanları andırırlar. Amfifilik kelimesi Yunanca olup "ikisini de seven" anlamına gelir. Yani bu moleküller yağ ve su olmak üzere iki ortamı da severler. Moleküllerin şekli, yuvarlak kısımdan çıkan iki çubuk sebebiyle lolipopa oldukça benzemektedir. Çubuklar genelde hidrokarbon (karbon ve hidrojen atomları) içermektedir ve gazolin gibi diğer hidrokarbonlara benzer şekilde suda iyi çözünmezler. Molekülün yağı seven kısmı burasıdır. Moleküllerin böyle bölgeleri Yunanca "sudan korkan" anlamına gelen hidrofobik olarak adlandırılır. Lolipop molekülün top kısmı ise tam aksine sofra tuzu ve şeker gibi genellikle suda olmaktan hoşlanan bir kimyasal gruptur. Bu tür bölgeler hidrofilik ("suyu seven") olarak adlandırılır. Zar moleküllerinin iki zıt tarafı kimyasal olarak birbirine bağlanmıştır ve farklı özelliklerine rağmen, tıpkı siyam ikizleri gibi beraber hareket etmelidirler. Ancak bir tarafı suda diğer tarafı da yağda olmak isteyen bir molekül nerede durmaktadır?

Amfifilik moleküller bu sorunu diğer amfifilik moleküller ile iş birliği yaparak çözerler. Çok büyük sayılarda amfifilikler biraraya geldiği zaman, hidrofobik kuyruklar suyu dışarıda tutmak için birbirine sokulurken, hidrofilik, baş kısmı ise suya temas eder. Suyu seven grup suyla temas ederken kuyrukların sudan korunmasının etkili bir yolu, lipit bilayer (Şekil A-1) adı verilen iki katlı bir yapı oluşturmaktır. Eğer bu iki tabaka düz olursa, kenardaki hidrokarbonlar yine de suyun etkilerine maruz kalacaktır. Bu yüzden sabun köpüğü gibi kapalı bir şekil oluştururlar.



Şekil A-1: Bir lipit çift katman kesiti

Zarın çift katlı yapısının ortası yağlı olduğu için, sulu bir ortamı tercih eden pek çok molekül (tuzlar ve şekerler gibi) zardan geçemez. Bu yüzden dış çevreden farklı olabilen, iç kısmının etrafı çevrilmiş bir yapıya ihtiyacımız vardır ki, bu da bir hücre oluşturmada ilk adımdır.

Canlı dünyası temelden farklı olan iki tür hücre içermektedir: hücre çekirdeğini örten ve hücre zarından farklı olan ikinci bir zara sahip olan hücreler, yani ökaryotlar ve bu özelliği göstermeyen Prokaryotlar.[191] Prokaryot organizmalar daima tek hücrelidir ve pek çok açıdan ökaryotlardan çok daha basittirler.

Prokaryot fotoğraflarında zarın yanında göze çarpan sadece birkaç özellik vardır.[192] Bunlardan birisi içinde büyük miktarda DNA'nın hücre sitoplâzmasının (çözünebilir hücre içeriği) ortasında rahatça durduğu nükleoittir. Prokaryotlarda hücre zarının yanında hücreyi çeviren ve hücre duvarı adı verilen bir yapı daha vardır. Zardan farklı olarak bu hücre duvarı polisakkaritten yapılmış olup serttir ve besinler ile küçük moleküller kolayca geçebilir. Bu yapı, hücrenin basınç altında parçalanmasını engeller. Pek çok Prokaryot hücrede zardan dışarıya çıkan yapılar mevcuttur. Saç benzeri pili yapısının

---

191 Prokaryotlar iki kategoriye ayrılabilir: arkbakteriler ve öbakteriler. Ancak hücrelerin iç mimarisini açıklama açısından bu durumun bir önemi yoktur.

192 Hücreler çok küçük olduğundan onları görmek için güçlü mikroskoplara ihtiyaç vardır. En detaylı resimler aydınlatma için ışık yerine elektron kullanan elektron mikroskobuyla elde edilir.

işlevi büyük oranda meçhuldür. Kamçı bakterinin hareketini sağlar. Flagella denilen kamçı çeşidi ise, pervane gibi dönerek Prokaryot hücreyi hareket ettirir.

Diğer hücre kategorisi ökaryotlardır. Bütün çok hücrelilerde bulundukları gibi maya gibi bazı tek hücrelilerde de bulunur. Ökaryot hücreler, hücre sitoplâzmasından kendi zarlarıyla ayrılmış bir dizi hücre içi boşluklar içerirler. Bir hayvanın vücudunda bulunan organları andırdıkları için organel olarak adlandırılırlar. Organeller ökaryot hücrenin, özel bölmelerde özel işlevleri yerine getirmesini sağlar.

İlk özel organel, hücrenin DNA'sını içeren çekirdektir. Çekirdeğin etrafındaki zar oldukça özel bir yapıdır ve üzerinde çekirdek gözeneği adı verilen sekizgen delikler bulunmaktadır. Gözenekler pasif delikler değil, aktif nöbetçilerdir. RNA gibi büyük moleküller doğru "şifre"ye sahip değilse geçemez. Böylece hücrenin dışındaki sitoplazmaya ait moleküller içeriye geçemez. Tersi de doğrudur.

Sitoplazmadan başka bir dizi organel de bulunmaktadır. Mitokondriler, hücrenin enerji santralleridir. Besin moleküllerini hücrenin doğrudan kullanabileceği kimyasal enerjiye çeviren tepkimeleri gerçekleştirmektedirler. Mitokondrinin iki zarı vardır. Besinlerin kontrollü bir şekilde yakılması, iç zarın içindeki bölge ile iki zar arasındaki bölge arasında asitlik farklılığına neden olur. İki bölme arasındaki kontrollü asit akışı ile enerji üretilir. Bu, barajdaki su akışının elektik enerjisi üretmesine benzemektedir.

Lizozomlar tek bir zarla çevrili küçük organeller olup molekülleri indirgeyerek kullanım ömürlerini uzatan enzim kaplarıdır. Lizozomda indirgenilmesi istenen moleküller küçük, kaplı keseciklerle (Bkz. 5. Bölüm) taşınırlar. Lizozomun içindeki asitlik sitoplâzmaya göre 100 ila bin kat daha fazladır. Yüksek asit oranı katlanmış moleküllerin açılmasına ve dolayısıyla indirgeyici enzimlerin daha kolay tepkime gerçekleştirmesine neden olur.

Endoplazmik retikulum büyük, yassı ve kıvrımlı bir zar sistemidir ve iki farklı bileşenden oluşur: granüllü ER ve granülsüz ER. Granüllü ER'nin pürüzlü bir görünüme sahip olmasının nedeni, üzerine tutunmuş ribozomlardır. Ribozomlar protein sentezleyen hücre makineleridir. Granülsüz ER yağ sentezler. Golgi cisimciği (adını ilk

keşfeden Camillo Golgi'den almıştır), ER'de yapılan pek çok proteinin modifikasyon için gittiği bir yassı zar yığınıdır.

Bir hücre, küreden tamamen farklı şekiller alabilir (örneğin bir sperm hücresi) ya da ortamdaki değişikliklere yanıt olarak kendi şeklini değiştirebilir. Hücrenin şeklini destekleyen yapıya sitoskeleton adı verilir. Adından da anlaşılacağı gibi bu yapı iskelet vazifesi görür. Sitoskeleton üç önemli yapısal maddeden oluşur: mikrotüpler, mikrofilamentler ve aracı filamentler. Mikrotüplerin bir dizi işlevi vardır. Bunlardan birisi de mitoz bölünme iplikçiklerinin teşekkülüdür. Bu aygıt hücre bölünmesi sırasında her bir kromozomun birer kopyasını bölünme sonucu oluşan hücrelere aktarır. Mikrotüpler ayrıca hücreyi bulunduğu ortamda kürek gibi hareket ettiren Sillerin omurgasıdır. Son olarak mikrotüpler, hücrenin uzak noktalarına kargo taşınması için "demiryolu rayı" vazifesi görürler. Mikrotüplerden daha ince olan mikrofilamentler ise, kaslar için de oldukça önemli bir madde olan protein aktinden yapılmıştır. Mikrofilamentler birbirine tutunur ve kasılmak için kayarlar. Bu da doğru yerlerde zarı katlayarak hücreye şekil verir. Aracı filamentler kalınlık açısından mikrotüpler ile mikrofilamentler arasındadır. Çelik putreller gibi yapısal destek sağlarlar. Aracı filamentler sitoskeletonun en farklı yapısıdır.

Neredeyse bütün ökaryot hücrelerinde yukarıdaki organeller bulunmaktadır. Bununla birlikte bitki hücrelerinde ek olarak başka organeller de mevcuttur. Kloroplast fotosentezin gerçekleştiği yerdir. Kloroplastlar enerji üretme sorumluluklarından dolayı pek çok açıdan mitokondrilere benzerler. Kloroplastlar, ışığı yakalayan anten vazifesi gören Klorofil pigmenti içerir. Işığın enerjisi aşırı derecede karmaşık moleküler makineye aktarılır. Bu makine Kloroplastın zarları arasında asitlik farklılığı oluşturur. Bitki hücrelerinde ayrıca vakuol denilen büyük ve zarla çevrili bir boşluk bulunur. Vakuol atıklar, besinler ve pigmentler için bir depodur ve ayrıca yapısal bir rol de oynamaktadır. Bazı bitki hücrelerinde vakuolun kapladığı hacim, hücrenin yüzde 90'ıdır ve yüksek bir ozmos basıncı altındadır. Güçlü bir hücre duvarına uygulanan basınç, hücreyi sertleştirir.

PROTEİN YAPISI

Yukarıda ele alınan hücre ve organeller günlük standartlara göre çok minik olmalarına rağmen kendilerini oluşturan yapı maddeleri ile kıyaslandığında oldukça büyüktürler. Hücre ve hücre içi yapıları oluşturan yapı maddeleri, nihayetinde biraraya gelerek molekülleri teşkil eden atomlardır. İki atom elektron paylaşarak bir bağ oluşturursa buna kovalent bağ adı verilir. Negatif yüklü elektronları paylaşan atomlar çekirdeklerine daha etkin bir şekilde bağlanırlar. Bir molekül, iki ya da daha fazla atomun kovalent bağ yapmasıyla oluşur.

Biyolojik moleküllerde bulunan atom çeşitleri şaşırtıcı derecede azdır. Neredeyse tüm biyomoleküller karbon (C), oksijen (O), azot (N), hidrojen (H), fosfor (P) ve kükürtten (S) oluşur. Bazı başka elementler de (klor, sodyum, kalsiyum, potasyum, magnezyum) biyolojik sistemlerde iyon halinde bulunur. (Suda az ya da çok bağımsız olarak bulunan elektrik yüklü partiküllere iyon denir.)

C, H, O, N, P ve S atomları birbiriyle bağ yapabilir. Karbon bir seferde dört farklı atomla bağ yapabilir ve biyolojik fosfor da (neredeyse her zaman dört oksijen) dörde kadar atomla bağ yapabilir. Azot üç (özel durumlarda dört), oksijen ve kükürt ise iki bağ yapabilir. Hidrojen ise sadece bir atomla tek bir bağ yapabilir. Karbon uzun zincirler oluşturacak şekilde, diğer karbon atomlarıyla bağ yapabilme özelliği ile elementler arasında benzersizdir. Bir zincirin ortasındaki karbon birisi sağdaki, diğeri de soldaki karbon atomu ile olmak üzere- sadece iki bağ yaptığından iki bağ daha yapabilir. Bunlardan birisiyle örneğin, bir azot atomunu bağlayabilir ve diğeriyle de başka bir karbon zincirine bağlanabilir.

Karbon ve diğer biyolojik elementler ile yapılabilecek molekül sayısı gerçekte çok büyüktür. Ancak biyolojik sistemler tamamıyla farklı çok sayıda molekül kullanmaz. Bunun yerine sınırlı sayıda moleküller yapılır ve bu sınırlı kümeden alınan moleküller çeşitli düzenlemelerle birbirine eklenerek yaşamın büyük, "makro" molekülleri – protein, nükleik asit ve polisakkaritler gibi – oluşturulur. Bu, yirmi altı harften ibaret bir alfabe ile çok sayıda kelime ve cümle oluşturmaya benzetilebilir.

Proteinlerin yapı taşlarına amino asit adı verilir. Yirmi farklı amino asit ortak bir yapıya sahip olan bütün proteinleri oluşturur. Molekülün sol tarafında amin adı verilen ve azot içeren bir grup vardır. Sağ tarafta ise amine merkezdeki bir karbon atomu ile bağlanan bir karboksilik bir asit grubu bulunmaktadır ki, amino asit adlandırması bundan dolayıdır. Merkezdeki karbona hidrojen atomunun yanı sıra bağ yapmış ve yan zincir adı verilen başka bir grup daha vardır (Şekil A-2). Yan zincir amino asit türüne göre değişiklik göstermektedir. Aminoasidin özelliğini belirleyen de bu yan zincirdir.

$NH_3^+-CH(CH_3)-CO_2^-$ alanine

$NH_3^+-CH(CH_2CH_2CH_2CH_2NH_3^+)-CO_2^-$ lysine

$NH_3^+-CH(CH_2OH)-CO_2^-$ serine

$NH_3^+-CH(CH_2C_6H_5)-CO_2^-$ phenlyalanine

$NH_3^+-CH(CH_3)-C(=O)-NH-CH(CH_2CH_2CH_2CH_2NH_3^+)-C(=O)-NH-CH(CH_2OH)-C(=O)-NH-CH(CH_2C_6H_5)-CO_2^-$

Şekil A-2: (Üstte) Dört amino asit. Amino asitlerin sadece yan zincirleri farklıdır. (Altta) Dört amino asit kimyasal bağlarla bağlanmıştır. Proteinler çok sayıda aminoasidin kimyasal bağ yapmasıyla oluşan uzun zincirlerdir.

Amino asitler birkaç kategoride toplanabilir. İlk grup hidrokarbon yan zinciri içerir (yan zincirler sadece karbon ve hidrojenden oluşur). Bu yan zincirler yağlıdır ve – benzin gibi – su molekülleriyle temas etmekten kaçınırlar. İkinci grup elektrik yüklü amino asitlerdir. Bu grubun üç üyesi pozitif, iki üyesi ise negatif yüklüdür. Elektrik yüklü yan zincirler suyla teması tercih ederler. Başka bir grup ise polar

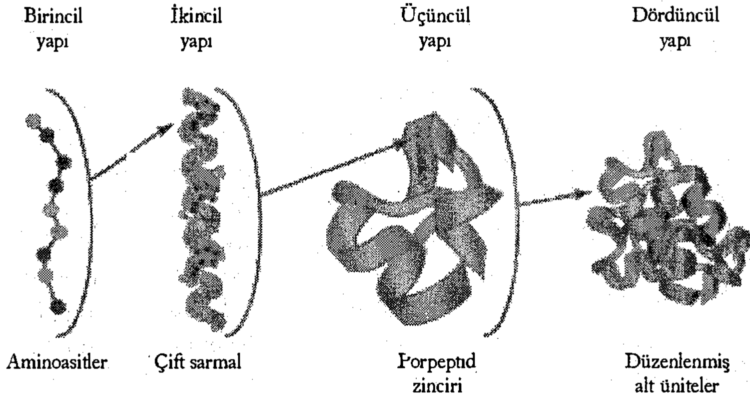
amino asitlerdir. Polar moleküller, tamamen elektrik yüklü olmasalar da bazı atomları kısmen yüklü olabilir. Kimyasal bağda bir atom elektronu diğerine göre daha kuvvetli çektiği zaman elektron kendisine daha yaklaştığında bu durum gerçekleşir. Elektronda aslan payını alan atom, biraz daha negatif yüklü olurken, diğeri de kısmen pozitif yüklü olmaktadır. Pozitif ve negatif yüklü yan zincirler arasında ve kısmen pozitif yüklü atomlarla kısmen negatif yüklü atomlar arasındaki etkileşim, protein yapısında oldukça önemli olabilir.

Proteinlerin sentezlenmesi esnasında iki amino asit, bir aminoasidin amino grubu ile, diğerinin karboksil asit grubunun peptid bağı adı verilen yeni bir grup oluşturacak şekilde tepkime vermesiyle kimyasal olarak birleşir (Şekil A-2). Yeni molekülün bir ucunda hâlâ serbest bir amino grubu ile diğer ucunda serbest bir karboksil vardır. Bu yüzden başka bir amino asit, kendi amino grubuna katarak yeni bir peptid bağı oluşturabilir. Bu süreç yüzlerce ya da binlerce amino asit "atığı" (iki aminoasidi birleştiren kimyasal tepkimeden geriye kalan parça) içeren bir makro molekül oluşuncaya kadar belirsiz bir sayıda tekrar edebilir. Böyle makro moleküller polipeptid ya da protein olarak bilinirler.

Tipik bir protein yaklaşık elli ila üç bin arasında amino asit parçacığı içerir. Bir proteinin amino asit sırası *birincil yapı* olarak adlandırılır. Tamamlanmış proteinin bir ucunda hâlâ serbest bir amino grubu vardır ve N-terminal ucu adı verilir. Diğer uçtaki serbest karboksil grubundan dolayı C-terminal ucu olarak adlandırılmıştır. Bir proteinin amino asit sırası geleneksel olarak N-terminal ucundan C-terminal ucuna doğru yazılır. N'den C terminale kadar bir hat üzerinde birleşmiş protein atomlarına omurga denir. Omurga, yan zincirler hariç bütün atomları içermektedir.

Yeni yapılmış bir protein esnek bir zincir gibi etrafta dolaşmaz. Neredeyse bütün biyolojik proteinler, dikkate değer bir proses ile oldukça farklı ve hassas bir yapı oluşturacak şekilde katlanırlar (Şekil A-3). Bu yapılar farklı proteinler için çok farklılık gösterebilir. Bu, pozitif yüklü bir yan zincirin negatif yüklü bir yan zinciri çekerek, iki hidrofobik zincirin suyu dışarı atacak şekilde birbirine tutunması, büyük yan zincirlerin küçük alanlardan çıkarılması gibi etkileşimlerle otomatik olarak gerçekleşir. Genellikle bir saniyeden çok daha az bir

süre ile bir dakika arasında değişen sürelerde gerçekleşen katlanma süreci sonunda, iki farklı protein İngiliz anahtarı ve testere gibi farklı ve hassas yapılar oluşturabilir. Tıpkı ev aletleri gibi, eğer şekillerinde önemli değişiklikler olursa görevlerini yerine getiremezler.



Şekil A-3: Protein yapısının dört seviyesi.

Proteinler katlanınca elinizde bükülen bir tel gibi olmazlar; katlanmanın bir düzeni vardır. Bir protein katlanmadan önce, polar omurga atomları – her bir peptid bağındaki oksijen, azot ve hidrojen atomları – su ile *hidrojen bağı* adı verilen bağı oluşturur. Bir hidrojen bağı, kısmen negatif yüklü peptid oksijen ya da azot atomunun kısmen pozitif yüklü su hidrojen atomlarıyla çok yakın ortaklık yaptığı zaman oluşur. Ancak bir protein katlandığı zaman yağlı yan zincirlerin verimli bir biçimde paketlenmesi için suyun tamamını (ya da neredeyse tamamını) dışarı atmalıdır. Bu da bir sorun teşkil eder: Polar peptid atomları katlanmış proteinde zıt yüklü ortaklar bulmak zorundadır, yoksa protein katlanmaz.

Proteinler bu sorunu iki yolla çözerler. İlki, protein segmentleri bir _ *-helix* oluşturabilirler. Bu yapıda protein omurgası spiral şekli alır. Spiral geometrisi bir peptid grubunun oksijen atomunu zincirin arkasındaki dört amino asit parçasının hidrojenine yönlendirerek, onlarla hidrojen bağı yapmasını sağlar (Şekil A-3). Sonraki parçacık sıradaki

diğer dört aminoasidin hidrojeniyle bağ yapar ve böylece devam eder. Bir -helix helezon yapısı (her zaman protein zinciri olması gerekmez) tamamlanmadan önce, genellikle beş ila yirmi beş amino asit almalıdır. Bir -helix peptid atomlarına hidrojen bağı yaparken, aynı anda bir proteinin bütün olarak katlanmasına izin verir. Peptid atomlarının düzenli hidrojen bağı yapmasını sağlayan ikinci bir yapıya da_ *-kıvrımlı tabaka* ya da kısaca_-tabaka adı verilir. Bu yapıda proteinin omurgası bir tabakadaki kıvrımlar gibi yukarı ve aşağı gider ve peptid atomları protein zincirine dik olarak bağlanmışlardır. Daha sonra zincir kendi etrafında kıvrılıp geri döner ve dönen kenarın peptid grubundaki oksijen atomları ilk kenarın peptid grubuyla hidrojen bağı yapar. _-helixlerde olduğu gibi _-tabakalar da polar omurgaların hidrojen bağı yapmasına imkân tanır.

-Helixler ve _-tabakalar proteinin *ikincil yapıları* olarak bilinir. Tipik bir proteinin amino asit parçacıklarının yaklaşık yüzde 40 ila 50'si helix ve tabakalardadır. Parçacıkların geri kalanı, ikincil yapıların parçalarının arasındaki dönüşlerde bulunur ya da düzensiz yapıları oluştururlar. Çoğu durumda helix ve tabakalar birbiri üstüne destelenerek bütün, küre şeklinde bir protein oluşturur. İkincil yapının elementlerinin destelendiği asıl yapı, proteinin üçüncül yapısı olarak adlandırılır (Şekil A-3). Helix ve tabakaları destelenmeye iten güç, pek çok proteinin yağlı doğasından kaynaklanmaktadır. Yağın sudan ayrılarak farklı bir tabaka oluşturması gibi hidrofobik yan zincirler de proteinin iç kısmında su olmayan bir bölge oluşturmak için birbirine tutunur. Ancak bazı protein yan zincirlerinin polar ya da elektrik yüklü olduğunu ve suyla temas etmek istediklerini hatırlayın. Amino asit dizisi boyunca yağlı ve polar zincirlerin şekli ve protein zincirinin hidrofobik grupları proteinin içinde, hidrofilik grupların ise dışında kalacak şekilde katlanma gereksinimi, belirli bir proteinin belirli bir yapı oluşturacak şekilde katlanmasına olanak veren bilgiy isağlamaktadır.

Proteinin katlanma şekline katkıda bulunan başka bir faktör daha vardır. Katlanmış bütün proteinlerde polar yan zincirlerin bazıları kaçınılmaz olarak içeride kalır. Eğer gömülü polar atomlar, hidrojen bağı yapacak bir ortak bulamazlarsa protein stabilizesini kaybeder.

Proteinlerin çoğunda gömülü yan zincirlerin yüzde doksanı ellerinden geldiğince diğer yan zincir ya da protein omurgasıyla hidrojen bağı yaparlar. Tipik bir proteinin katlanması – hidrofilik ve hidrofobik grupları barındırma ve hidrojen bağları şebekesi oluşturma gereksinimi ile – üç boyutlu bir bulmacaya benzetilebilir.

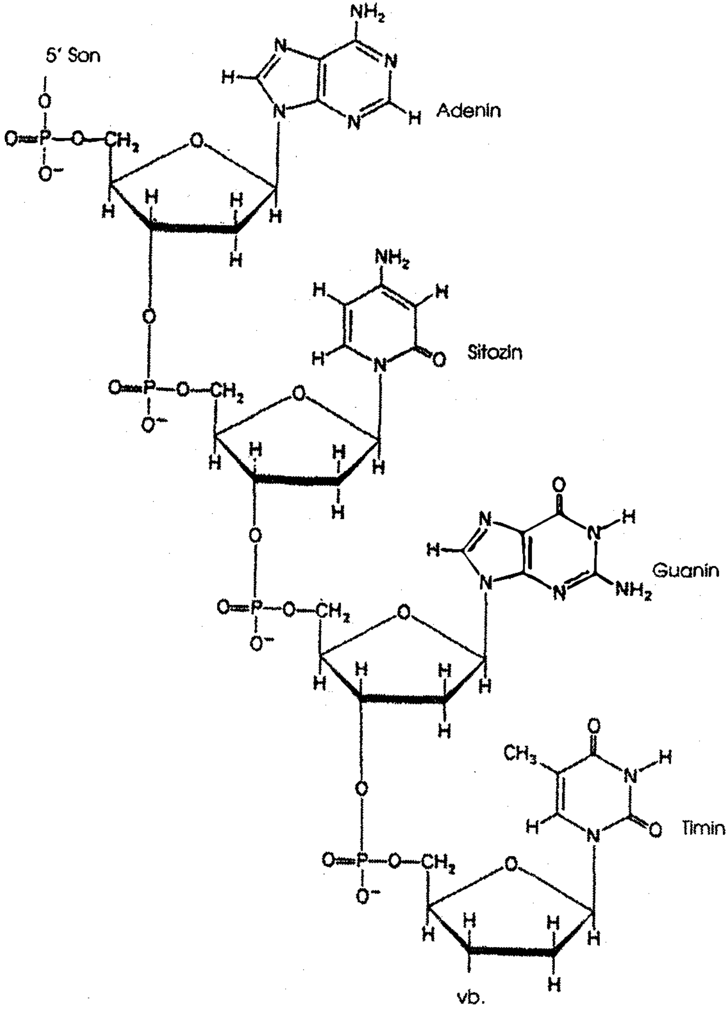
Genellikle, birkaç farklı polipeptid tek bir varlık gibi işlev gören çok özel bir yolla biraraya gelir. Böyle durumlarda tek bir protein olarak birleşen polipeptidleri "alt birimler" olarak adlandırmak bir gelenek olmuştur. Örneğin oksijen taşıyan protein hemoglobin dört polipeptidden oluşmuştur ve birleşik protein, kendisini oluşturan polipeptidlerde olmayan oksijen bağlama özelliğine sahiptir. Böylece işlevsel biyolojik protein dört polipeptidin kompleksi olmaktadır. Ayrı polipeptidlerin bir protein oluşturan özel düzeni *dördüncül yapı* olarak adlandırılır (Şekil A-3).

NÜKLEİK ASİT YAPISI

Nükleik asitler de proteinler gibi yapı taşlarından oluşur. Bu yapı taşlarına nükleotid adı verilir. Bir nükleotidin de birkaç parçası vardır. İlk parça riboz (RNA'da) ya da deoksiriboz (DNA'da) olan karbonhidrattır. Riboz dört baza eklenmiş durumdadır: adenin (A), sitidin (C), guanin (G) ya da urasil (U). Karbonhidrat eğer deoksiriboz ise U'nun yerini benzeri bir baz olan timin (T) alır. Deoksiriboz ile A, C ve G de kullanılır. Karbonhidrat halkasına (5`-OH ya da "beş ana hidroksil") bağlı farklı bir parça da bir fosfat grubudur. Bir nükleotidin şeker-fosfat kısmı bir aminoasidin omurga kısmına ve baz da bir aminoasidin yan zincirine benzemektedir. Bir nükleotidi diğerinden ayıran yegâne özellik bazdır.

İki nükleotidin birleşmesi için birinin fosfatı ile diğerinin karbonhidrat parçasına ait 3`-OH grubunun kimyasal tepkimeye girmesi gerekmektedir (Şekil A-4). Bu durumda bir uçta serbest bir fosfat grubu ile diğer uçta serbest bir 3`-OH grubu kalacaktır. Bunlar da sonradan başka nükleotidlerle tepkimeye girebilir. Bu işlemin tekrarlanmasıyla çok uzun polinükleotidler oluşabilir. Hücre RNA'sında yaklaşık yetmiş ila elli bin nükleotid bulunur. Tek bir DNA molekülü yaklaşık birkaç bin ila bir milyar nükleotidden oluşur. Bir

polinükleotid dizisinin 5` ucundan 3` ucuna doğru yazılması gelenek halini almıştır.



Şekil A-4: Dört nükleotid içeren bir DNA parçası.

Hücre RNA'ları tekil polinükleotid zincirleri halinde bulunur. RNA'nın birkaç biyolojik sınıfı vardır. İlki mesajcı RNA'dır (mRNA). Bu sınıfın üyeleri DNA genlerinin yanlışsız kopyaları olarak üretilir ve mRNA'ların taşıdığı genetik bilgi, bir protein üretmek için protein sentezleme aygıtlarınca tercüme edilir. İkinci RNA tipi ribozomal RNA'dır (rRNA). Bu gruptaki polinükleotidler, birincil protein sentez motorunun idaresi altında ribozom üretmek için çok sayıdaki farklı proteinler ile birleşir. Üçüncü önemli RNA sınıfı transfer RNA'dır (tRNA). Bu grubun üyeleri nispeten küçüktür ve yetmiş ila doksan arası nükleotid içerir. Bu RNA'lar mRNA ile ribozomun faaliyeti sonucu üretilen ve büyümekte olan protein arasında "uyarlayıcı" vazifesi görür.

Hücre DNA'sı bir çift iplik – iç içe geçmiş, birbirine hidrojen bağıyla sıkıca tutunan polinükleotidler (meşhur çift sarmal) – olarak bulunur. Bunun sebebini anlamak için nükleotidlerin baz yapılarına bakmalıyız (Şekil A-4). Nükleotidler iki kategoriye ayrılabilir: Büyük bazları taşıyan (kaynaşmış iki halkadan oluşan) pürinler (A ve G) ve sadece tek bir halkası olan pirimidinler (C ve T). A ve T doğru yönlendirilirse birbirleriyle iki hidrojen bağı oluşturabilirler ve G de C ile üç hidrojen bağı oluşturabilir. Hücrede bir DNA ipliğinde G'nin bulunduğu her yerde bunun karşılığında diğer iplikte C bulunur. Bunun tersi de doğru olup, aynı durum A ve T için de geçerlidir. Buna göre iki iplik birbirinin tamamlayıcısı olarak adlandırılır. İki ipliğin hidrojen bağı oluşturmak üzere doğru yönlendirilmeleri için farklı doğrultularda çevrilmeleri gerekir: Biri 5` ucundan 3` ucuna doğru, diğeri ise 3` ucundan 5` ucuna doğru olmalıdır. Ökaryotların DNA'sı birbirini tamamlayan iki doğrusal iplik halinde iken pek çok bakterinin DNA'sı şaşırtıcı şekilde birbirini tamamlayan dairesel iplikler şeklindedir.

Bir hücredeki DNA miktarı kabaca organizmanın karmaşıklığına bağlıdır. Bakteriler birkaç milyon DNA nükleotidi içerir. Ökaryotlardaki DNA miktarı mantarlarda birkaç on milyon nükleotid ile bazı çiçekli bitkilerde birkaç yüz milyar arasında değişmektedir. İnsanlarda ise yaklaşık üç milyar nükleotid bulunmaktadır.

LİPİDLER VE POLİSAKKARİTLER

Diğer önemli biyomolekül sınıfları, lipidler ve polisakkaritlerdir. Polisakkaritler şeker ya da türevi moleküllerin polimerleridir ve değişik görevleri vardır. Odunsu bitki ve ağaçlarda bulunan selüloz gibi yapı maddesi ya da karaciğerde depolanan glikojen gibi enerji deposu olarak kullanılabilirler. Protein, nükleik asit ve polisakkaritlerden farklı olan lipidler, ayrık yapı taşlarından yapılan polimerler değildir,. Her bir lipid molekülü çok temel başlangıç materyallerinden sentezlenmelidir. Lipidler makro molekül değildir, ancak zar gibi büyük yapıları oluşturmak için birleştirilebilirler.

TRANSKRİPSİYON

Genetik bilgi deposu olan DNA bir polinükleotiddir. Ancak taşıdığı bilgi hücreye, polipeptidleri – proteinler – nasıl yapacağını söyler. Bilgi, bir polimer "dilinden" diğerine nasıl çevrilir? DNA'nın çift sarmal yapısının keşfinden kısa bir süre sonra fizikçi George Gamow, kimyasal olmayan bir iddia ortaya attı. Buna göre genetik bilgi kodlanmış olarak saklanıyordu ve bilginin ifadesi polinükleotidlerin şifrelerinin çözülerek mesajın protein polipeptid diline dönüştürülmesi ile gerçekleşiyordu.[193] Gamow kodun özel doğası hakkında yanılsa da sezgisi kehanet derecesindeydi.

1969'ların başında şifre kırıldı. Nobel Ödülü sahibi Marshall Nirenberg, Severo Ochoa, H. Gobind Khorana ve yardımcıları genetik kodun içinde üç komşu nükleotidin bir amino aside karşılık geldiğini gösterdiler (Şekil A-5). Dört bazın toplam altmış dört üçlü kombinasyonu olduğundan yirmi amino asidin tamamını kodlamak için yeterli permütasyon mevcuttur. Tüm olası üçlü 'kodon'lar, hücre tarafından kullanılır. Bu yüzden genetik kod fazlalığı vardır ki, bu da aynı aminoasidin farklı kodonlar ile gösterilebileceği anlamına gelmektedir.

---

[193] Gamow, G. (1954) "Possibble Relation Between Deoxyribonucleic Acid and Protein Structure", *Nature, 173*, 318; Gamow, G. ve Ycas, M. (1958) "The Cryptographic Approach to the Problem of Protein Sybthesis", *Symposium on Information Theory in Biology*, ed. H. P. Yockey, R. L. Platzman ve H. Quastler, Pergamon Pres, New York, s. 63-69.

Örneğin ACU, ACC, ACA ve ACG'nin tamamı treonini göstermektedir. Amino asitlerin çoğu, kendilerini belirten iki ya da daha fazla kodona sahiptir. Ancak birkaç aminoasidin sadece bir kodonu bulunmaktadır. Olası altmış dört kodonun altmış bir tanesi amino asitleri gösterir. Kalan üç tanesi ise "dur" kodonlarıdır. Kod çözme aygıtı, bu özel işaretlerden birisine rastlarsa o noktada protein üretme faaliyetini durdurur.

UUU	Phenylalanine	UCU		UAU	Tyrosine	UGU	Cysteine
UUC		UCC	Serine	UAC		UGC	
UUA		UCA		UAA	Stop	UGA	Stop
UUG		UCG		UAG		UGG	Tryptophan
CUU	Leucine	CCU	Proline	CAU	Histidine	CGU	
CUC		CCC		CAC		CGC	Arginine
CUA		CCA		CAA	Glutamine	CGA	
CUG		CCG		CAG		CGG	
AUU		ACU		AAU	Asparagine	AGU	Serine
AUC	Isoleucine	ACC	Threonine	AAC	AGC		
AUA		ACA		AAA	Lysiene	AGA	Arinine
AUG	Methionine	ACG		AAG		AGG	
GUU		GCU		GAU	Aspartic acid	GGU	
GUC	Valine	GCC	Alanine	GAC		GGC	Glycni
GUA		GCA		GAA	Glutamic acid	GGA	
GUG		GCG		GAG		GGG	

Şekil A-5: Genetik kod.

DNA'dan bilgi çıkarma işleminde çok sayıda adım vardır ve bu adımlar kavramsal olarak iki kategoriye ayrılabilir: *transkripsiyon* ve *translasyon*. Transkripsiyon kısaca bir hücrenin bir protein kodunu taşıyan DNA'sının (gen olarak adlandırılan) küçük bir parçasının RNA kopyasının yapıldığı işlemdir. Translasyonda ise RNA'daki bilgi kullanılarak bir protein üretilir.

Bir genin transkripsiyonu bir dizi kararın verilmesini gerektirir. İlk karar büyük DNA zincirinin başladığı yerde verilir. Genellikle başlangıç pozisyonu "promoter" adı verilen birkaç özel DNA dizisiyle işaretlenmiştir. Prokaryotlarda "-35 bölgesi" adı verilen bir DNA

dizisi (genellikle TCTTGACAT) bir genden otuz beş nükleotid önce bulunur. "Pribnow kutusu" adı verilen (genellikle TATAAT) başka bir dizi ise transkripsiyonü, başlama bölgesinden beş ila on çift önce bulunmaktadır. Ökaryotlarda yukarıdakilere benzer işaretlerin yanında, transkripsiyon başlangıç bölgesinden binlerce baz çifti önce bulunan ve "yükseltici" adı verilen DNA dizileri vardır. Yükselticiler genlerin transkripsiyon hızını önemli oranda etkiler.

Prokaryotlarda transkripsiyonuna başlamak için *RNA polimeraz* adı verilen bir enzim DNA ile bağ yapar. RNA polimeraz beş polipeptid zincirinden oluşur. Başlangıçta enzimin yaptığı bağ zayıftır, DNA'nın yanında dağ treninin vagonları gibi promoter bölgesini buluncaya kadar hareket eder. Bulduğu zaman adı verilen bir protein alt birimi, promoter DNA dizisini tanır. RNA polimerazın promoter dizisini bulmasının hemen ardından uzaklaşır, zira görevi sona ermiştir.'nın yokluğunda RNA polimeraz, DNA'ya çok daha sıkıca bağlanır ve artık serbest hareket edemez. Şimdi onun işi başlar. RNA polimeraz DNA'nın yaklaşık on baz çiftini "eriterek" iki polinükleotid ipliğini bu bölgede birbirinden ayırır. Bu, yapılacak RNA zincirinin DNA şablonunu hidrojen bağı yaparak okuyabilmesi için gereklidir. Burada polimeraz transkripsiyonu başladığı ilk DNA bazının tamamlayıcısı olan bir ribonükleotidin aktifleşmiş haline bağlanır. Daha sonra da ikinci DNA bazının tamamlayıcısı olan ikinci ribonükleotid ile bağ yapar.

İlk iki doğru ribonükleotid bir kere şablonla eşleşince, RNA polimeraz kimyasal olarak onlara bağlanır. Daha sonra polimeraz DNA şablonu boyunca bir pozisyon aşağı hareket eder ve DNA ipliklerini birbirlerinden ayrı tutar. Üçüncü pozisyonda kendi aktif ribonükleotidine karşılık gelen yerde eşleşir ve büyüyen zincire ekler. Bu adımlar gen boyunca, saniyede yaklaşık yirmi ila elli nükleotid olacak şekilde, çok hızlı devam eder.

Transkripsiyon bir soruna neden olur: Polimerazın DNA sarmalı boyunca ilerlemesi, DNA'nın polimerazın ilerisinde dolaşıp sıkışmasına sebep olur.[194] Bu durumda *topoisomeraz* adı verilen başka bir pro-

---

[194] Problem şu örnekle anlaşılabilir: Bir ayakkabı bağını diğerine birkaç kez dolayın ve birisine bağların iki ucunu sıkıca tutmasını söyleyin. Şimdi bir kalem alın ve arkadaşınızın ellerinden

tein DNA ipliklerini çözmezse transkripsiyon yavaşlar, hatta tamamen durabilir. Bu, karmaşık bir manevra ile gerçekleştirilir: Birbirine dolaşmış DNA ipliklerinden birisi kesilir, diğer iplik ile kesilen iplik ayrılır ve kesilen iplik tekrar birleştirilir.

RNA polimeraz, özel bir DNA dizisine rastladığı zaman transkripsiyonu sona erer. Prokaryotlarda bu dizi aynı uzunlukta ve AT baz çiftleri açısından zengin bir sıranın ardında altı ya da yedi GC bazı içeren bir bölge olup palindromic[195] bölge adını alır. Tümü olmasa da bazı genler polimerazın DNA'dan ayrılması için adı verilen ek bir gene gereksinim duyar.

GEN REGÜLÂSYONU

Tipik bir bakteri hücresinde binlerce, tipik bir memeli hücresinde de on binlerce gen vardır. Bir hücre ne zaman gen kopyalayacağını nasıl bilir ve binlercesi arasından özel birini nasıl seçer? "Gen regülâsyonu" sorunu önemli bir araştırma konusudur. Ayrıntıların çoğu aydınlatılmış olsa da büyük bir bölümü halen karanlıktadır. Gen regülasyonu için en basit örnek, bakteriyofaj'nın yaşam döngüsünün düzenlenmesidir. Bakteriyofajlar virüs benzeri Prokaryotlar olup protein kılıfı içinde bulunan DNA parçacıklarıdır. Bir bakteriyofajın kendisini kopyalayabilmesi için uygun bir bakteri hücresi bulup kendisini ona yapıştırıp içine DNA'larını enjekte etmesi gerekir. Fajın DNA'ları oldukça küçüktür ve sadece elli gen kodlamışlardır. Bu, kendi kopyalama makinesine sahip olması için yeterli değildir. Bu yüzden akıllı faj ev sahibinin makinesini rehin alır. Bu yüzden faj kendine tamamen yetemeyen bir parazittir.

Bazen bir hücreyi işgal eden bakteriyofaj o kadar çok kopya yapar ki ev sahibinin patlamasına neden olur. Buna *litik döngü* adı verilir. Ancak diğer durumlarda kendi DNA'sını bakteri DNA'sına yer-

birine yakın bir yerde iki ipin arasına sokun ve diğer ele doğru itin. Bağın kalemin önünde kalan kısmı daha sıkıca düğümlenecektir. Geride kalan kısmı ise biyokimya diliyle "eriyecektir".

195 Bir palindrom hem düz hem de tersinden okunuşu aynı olan kelime ya da cümledir. Örneğin "A man, a plan, a canal – Panama". DNA'da ise palindromun anlamı çift sarmalın iki ipliğinde de 5`-3` yönünde aynı anlama gelen bir nükleotid sırasıdır.

leştirir ve ikisinden tek bir molekül yapar. Bu durumda DNA'sı sessizce hücrenin bölünmesini bekler. Bölünme esnasında hücre DNA'sı kopyalanacağı için ona eklenmiş olan faj DNA'sı da kopyalanacaktır. Buna da *lizogenik döngü* adı verilir. Bakteri, muhtemelen aradan geçen nesiller sonunda bir problemle karşılaştığında (örneğin, yüksek dozda ultraviyole ışığı ile karşılaşmak gibi) DNA'sı litik döngüye geçer. Yalnızca bu durumda faj kendisinin binlerce kopyasını yapar, bakteriyi patlatarak yeni fajları ortama yayar.

Bakteriyofajın lisojenik döngüden litik döngüye geçmesinin nedeni nedir? Bakteriyofajın DNA'sı hücreye girdiği zaman RNA polimeraz, bir bakteriyofaj DNA'sına transkripsiyon promoteri bağlar. Oluşan ilk genlerden birisi "entegraz" adı verilen bir enzim olup DNA'sını bakteri DNA'sına kimyasal olarak bağlar. Enzim bu işi, dairesel _ DNA'sını ev sahibinin DNA'sına benzer bir sıraya sahip bir bölgeden keserek gerçekleştirir. Aynı enzim bakteri DNA'sını da bu bölgeden keser. Bu, birbirini tamamlayan iki DNA parçasının da "yapışkan" uçlara sahip olmasına neden olur. Bu uçlar hidrojen bağı yapabilecek durumdadır. Bundan sonra entegrasyon enzimi iki DNA parçasını birleştirir.

Başka bir gen kodu, "represör" adı verilen bir proteine aittir. Represör DNA'sının bir dizisine kuvvetle bağlanır. Bağlandığı bölge RNA polimerazın litik döngüyü başlatmak için bağlanması gereken yerdir. Ancak represör orada iken RNA polimeraz bağlanamaz ve bu yüzden litik döngü durur. Gerçekte represörün bağlanabileceği ve hepsi bir sırada olan üç bölge vardır. Represör ilk bölgeye ikinciden, ikinci bölgeye de üçüncüden daha kuvvetli bağlanır. Üçüncü bölge represörün kendisini kodlayan promoter gen ile örtüşür. Bu düzenleme üçüncü bölge doluncaya kadar – sentezin durduğu an – represörün sentezlenmesine imkân tanır. Eğer represör konsantrasyonu üçüncü bölgeden kopmasına neden olacak kadar düşerse, represör geni tekrar aktifleşir.

represörü bu mekanizma ile kendi üretimini düzenler. Bazı kimyasalların, ultraviyole ışığının ve başka zararlı etkenlerin varlığında ise _represörü bozan özel bir enzim geni faaliyete geçer. Represör ilk bölgeden uzaklaştırıldığında Cro adı verilen bir protein geni aktifleşir.

Cro proteini üçüncü represör bağlama bölgesine kuvvetle bağlanır ve prayu sonsuza kadar kapatarak bakteriyofajı litik döngüye sokar. _ DNA'sı kopyalamak ve protein kılıflara yerleştirmek için gerekli tüm genler artık kopyalanmıştır.

Bakteriyofaj'ın yaşam döngüsünün denetimi, gen regülasyonunun en basit örneğidir. Ökaryotlar başta olmak üzere diğer gen sistemlerinin regülasyonunda onlarca protein görev alabilir. Yine de bu sistemlerin düzenlediği genlerin büyük bölümünün, tek bir genin faaliyete geçmesi hakkında karar vermek için katkıda bulunan geri besleme kontrolü ve çoklu faktörlerle birlikte, _'ya benzediği düşünülmektedir.

TRANSLASYON

Mesajcı RNA bir kez üretildiğinde, görevi mesajı bir proteine dönüştürmek olur. Bu işlem en iyi Prokaryatlarda gözlenebilir.

Kopyalanmış mRNA, Ribozom adı verilen bir parçacığa bağlıdır. Ribozomlar elli iki farklı protein (bazıları çoklu kopya şeklinde bulunur) ve 120, 1542 ve 2904 nükleotid uzunluğunda üç RNA parçasından oluşan devasa komplekslerdir. Ribozom 30S ve 50S alt birim adı verilen iki büyük parçaya kolayca bölünebilir.[196] Ribozomun kendini biraraya getirme yeteneği inanılmazdır. Yapılan deneyler, ribozomların parçalarına ayrılıp tekrar karıştırıldıktan sonra parçaların uygun şartlar altında kendiliğinden tekrar ribozomları oluşturduğunu göstermiştir.

RNA polimerazın karşılaştığı problem Ribozom için de mevcuttur: Ribozom mRNA'da translasyonun başlayacağı yeri bulmalıdır. Prokaryotlarda bu bölge Shine-Dallagarno dizisi adı verilen ve başlangıç bölgesinden yaklaşık on nükleotid yukarıda olan bir yerle işaretlenmiştir. Başlangıç noktası ardışık ilk AUG'nin olduğu yerdir (AUG amino asit metionini kodlar). Ökaryotlarda başlangıç noktası genellikle mRNA'nın 5-ucundan itibaren ik AUG'dir.

Ribozomlar kendilerini mRNA'ya doğrudan bağlayamaz; başka faktörler de gereklidir. Prokaryotlarda başlatma faktörü denilen üç

---

[196] S, Svedberg birimlerinin kısaltması olarak bulunmakta olup bir parçacığın bir sıvıda tortulaşma hızını gösterir.

protein – IF-1, IF-2 ve IF-3 – gerekmektedir. Translasyona başlamak için IF-1 ve IF-3, 30S ribozom alt birimine bağlanır. Bu kompleks daha sonra, daha önceden oluşturulmuş, metionin taşıyan ve IF-2'ye bağlı bir tRNA molekül kompleksi ile (1) ve başlama bölgesindeki mRNA molekülü ile bağ yapar. Daha sonra 50S ribozom alt birimi büyüyen komplekse bağlanır ve bu da IF-1, IF-2 ve IF-3'ün kopmasına neden olur. Ökaryotlarda translasyon, benzer adımlar ile başlar ancak başlatıcı faktörler on ya da daha fazladır.

Sonraki adımda Tu uzatma faktörü (EF-Tu) adı verilen bir proteinle birleşmiş olan ikinci bir tRNA uygun bir amino asit taşıyarak gelir ve ribozom ile bağ yapar. İki amino asit ribozoma tutunduğu zaman bir peptid bağı oluşur. O anda ilk tRNA molekülü, kendi aminoasidini kaybetmiştir ve kovalent bağlı iki amino asit parçacığı ikinci tRNA ile bağ yapmıştır. Bu noktada ilk tRNA ribozomdan ayrılır, ikinci tRNA ise daha önceden ilk tRNA'nın işgal ettiği ribozom bölgeye hareket eder ve ribozom mRNA'nın üç nükleotid aşağısına doğru dikkatle hareketlenir. Bu yer değiştirme işlemi, bazı işlevleri henüz bilinmeyen ve EF-G adı verilen başka bir protein gerektirmektedir.

Bu adımlar ribozomun bir stop kodonuna karşılık gelen üçlü bir mükleotid dizisine varmasına kadar devam eder. *Bırakma faktörü* adı verilen başka bir protein, stop kodonu ile bağ yaparak ribozomun daha ileriye hareket etmesini engeller. Bırakma faktörü ayrıca ribozomun davranışını da değiştirir. Ribozom mRNA'da serbest serbest bırakma faktörünün hareketini pasifçe beklemek yerine, hâlâ bağlı olduğu tamamlanmış polipeptid zincirini son tRNA molekülünden ayırır ve protein de çözeltide serbest kalır. Aktif olmayan ribozom daha sonra mRNA'dan ayrılır ve artık yeni bir protein sentez çevrimine başlamaya hazırdır.

Çalışan bir translasyon sistemi için bu kısa açıklamaya sığmayacak kadar çok sayıda faktör gereklidir. Bunların arasında doğru amino asidi doğru tRNA'ya yerleştiren enzimler, translasyonu "düzelten" sayısız mekanizma, aktif nükleotid GTP şeklinde bulunan kimyasal enerjinin rolü sayılabilir ve bunlar translasyonun her aşamasında görev alır. Yine de bu kısa taslak, genetik bilginin hangi işlemlerle ifade

edildiği hakkında bir fikir ve ayrıca ifadede karşılaşılan zorlukları değerlendirme şansı verebilir.

DNA KOPYALANMASI

Her hücrenin yaşamında bölünmeyi düşündüğü bir zaman vardır. Hücre bölünmesinde önemli konulardan birisi, genetik bilginin doğru biçimde kopyalanıp sonraki kuşaklara devredilmesidir. Bu görev için çok efor sarf edilir.

Arthur Kornberg 1957'de, tepkime karışımına koyduğu herhangi bir "şablon" DNA'nın gerçek bir kopyası olan yeni bir DNA molekülüne, deoksinükleotidleri polimerize edebilen bir enzim keşfetti. Bu enzime *DNA polimeraz I* (Pol I) adını verdi. Bilim dünyası buluş karşısında çok mutluydu. Ancak aradan yıllar geçtikten sonra, Pol I'in esas görevinin hücre bölünmesi sırasında DNA sentezlemek olmadığı anlaşıldı. Pol I'in esas görevi ultraviyole ışığı, kimyasal mutajen ya da ortamdaki diğer bozucu etkenlerin zarar verdiği DNA'yı tamir etmekti. Diğer iki DNA polimerazı olan Pol II ve Pol III. daha sonra keşfedildi. Pol II'nin görevi tam olarak anlaşılamadı: Bu enzimden yoksun olan hücrelerde bir problem gözlenmemişti. Pol III ise, Prokaryotlardaki DNA kopyalanması işlemindeki esas enzim olarak belirlendi.

DNA polimeraz III., aslında yaklaşık 300 ila 1100 arasında amino asit parçacığı içeren yedi alt birimden oluşan bir komplekstir. Bu alt birimlerden sadece biri nükleotidlerin kimyasal birleşmesi görevini üstlenir. Diğerleri ise kritik yan işlevler görür. Örneğin, polimerleştirici alt birim sadece on ila on beş arasında nükleotid birleştirdikten sonra, şablon DNA'dan ayrılır. Bu hücre içinde gerçekleşseydi kopyalama tamamlanıncaya kadar polimerazın binlerce kez geriye sıçraması gerekecekti ki, bu da kopyalama işlemini korkunç derecede yavaşlatacaktı. Ancak bütün bir Pol III – yedi alt biriminin tamamı birlikte olan Pol III – DNA şablonu tamamen kopyalanmadan (bir milyon baz çiftinden bile uzun olabilir) ayrılmamaktadır.

Pol III'ün polimerleştirici faaliyetinin yanında bir 3-5 nükleaz faaliyeti de vardır. Bunun anlamı polimerleşmiş DNA'ları – serbest bir 3 ucundan 5 ucuna kadar – çözerek, serbest nükleotidlere dönüştüre-

bilmesidir. Şimdi, bir polimerazın aynı zamanda DNA'yı bozmasının sebebi nedir? Pol III'ün nükleaz faaliyetinin kopyalama işleminde doğruluğu sağlamada çok önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Büyüyen DNA zincirine yanlış bir nükleotidin eklendiğini varsayalım. Pol III'ün nükleaz özelliği onun bir adım geriye giderek yanlış nükleotidi uzaklaştırmasını sağlar. Doğru şekilde birbirine eklenmiş nükleotid çiftleri, nükleaz faaliyetine karşı koyar. Bu işlem "düzeltme" olarak adlandırılır. Düzeltme olmasaydı DNA kopyalanması sırasında binlerce kez fazla hata oluşacaktı.

DNA kopyalanması, "replikasyon başlangıcı" gibi doğru bir şekilde ifade edilen belirli bir DNA dizisi ile başlar ve ebeveyn DNA boyunca her iki yönde ilerler. Kopyalama sırasında yerine getirilmesi gereken ilk görev, transkripsiyonda olduğu gibi, iki DNA ipliğinin birbirinden ayrılmasıdır. Bu, *DnaA* proteininin görevidir. İplikler ayrıldıktan sonra *DnaB* ve *DnaC* adı verilen diğer iki protein, bu tekil ipliklere bağlanır. Açık durumdaki DNA'nın büyüyen "kabarcığı" için iki protein daha devreye girer: DNA kopyalanırken iki ipliği birbirinden ayrı tutan *tekil iplik bağlama proteini (SSB)* ve çift sarmal DNA oluşurken meydana gelen düğümleri çözen *giraz.*

Bu noktada DNA, polimeraz senteze başlayabilir. Ancak birkaç problem ortaya çıkabilir. DNA polimeraz RNA polimerazın transkripsiyona başladığı gibi iki nükleotidi birleştirerek senteze başlayamaz. DNA enzimi nükleotidleri sadece mevcut polinükleotidlerin sonuna ekleyebilir. Bu yüzden hücre açık DNA şablonu üzerinde kısa bir RNA parçası yapmak için başka bir enzim kullanır. Bir kere RNA zinciri yaklaşık on nükleotid uzunluğuna ulaşınca DNA polimeraz RNA'yı kullanarak kendi ucuna deoksinükleotidleri ekler.

Replikasyon "çatalı" açıldığı zaman ikinci bir problem ortaya çıkar. Yeni DNA'nın bir ipliğinin sentezi zorlukla ilerler. Bu, polimerazın, bütün polimerazların yaptığı gibi, şablondan 3`_5` yönünde okuyup 5`_3` yönünde oluşturduğu ipliktir. Ancak ikinci iplik nasıl sentezlenecektir? Eğer doğrudan yapılsaydı, polimeraz şablonu 5`_3` yönünde okuyup yeni ipliği 3`_5` yönünde oluşturması gerekecekti. Neden böyle olmadığı hakkında teoride bir sebep olmamasına rağmen, 3`_5` yönünde sentezleyen bir polimeraz bilinmemektedir.

Bunun yerine, DNA'nın bir parçası açıldıktan sonra çatalın yanında bir RNA primer oluşturulur ve DNA sentezi kopyalama çatalında uzaklaşarak ters yönde, 5`_3` yönünde ilerler. Ayrıca bu "geri kalan" ipliğin sentezi, replikasyon çatalının DNA'dan yeni bir parça açmasını beklemelidir. Daha sonra yeni bir RNA primer yapılmalı ve DNA sentez işlemi daha önceden sentezlenen parçaya geri dönmelidir. Sonra RNA primerler uzaklaştırılmalı, boşluklar DNA ile doldurulmalı ve DNA parçalarının uçları "birbirine ilmiklenmelidir". Bu da başka enzimler gerektirir.

Yukarıda anlatılan Prokaryot DNA replikasyonu pek çok laboratuarda yapılan araştırmalardan elde edilen bilgilerin biraraya getirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Ökaryot DNA kopyalanması ise çok daha karmaşıktır ve doğal olarak hakkında bilinen şeyler çok azdır.

TEŞEKKÜR

Bu kitabın ortaya yazılması sırasında pek çok kişiyle yapılan görüşmelerden yararlanıldı. Teşviklerinden ve laboratuara tıkılıp kalmış bir bilim adamı olan, bana bir kitabın nasıl yayınlanacağını gösterdiklerinden dolayı Tom Bethell ve Phil Johnson'a çok teşekkür ederim. Kitabı ağzına kadar teknik bir dille dolu olmaktan kurtaran ve bana argümanı oluşturan parçaları nasıl anlaşılır bir şekilde düzenleyeceğimi gösteren editörüm Bruce Nichols'a minnettarım. Ayrıca beni geçmişte yaşanan felsefi problemlerden ellerinden geldiğince haberdar edip, argümanımı sağlamlaştırmama yardım eden Del Ratzsch ve Paul Nelson'a da teşekkürlerimi sunarım. Bölümlerdeki örnekleri bilimsel açıdan inceleyen iş arkadaşlarım Linda Lowe-Krentz ile Lynne Cssimeris'e de teşekkür etmeliyim. Bill Dembski, Steve Meyer, Walter ReMine, Peter van Inwagen, Dean Kenyon, Robin Collins, Al Plantinga, John Angus Campbell ve Jonathan Wells'e de değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim. Kitabın iyi yönleri onların yardımıyla ortaya çıktı. Kalan kusurlar ise bana aittir.

Yorulmaz desteği ve teşvikleri ile benim ofiste klavye başında geçirdiğim hafta sonlarında, çocuklarla ilgilenmek gibi mutlu ama yorucu bir görevi tek başına üstlenen eşim Celeste'e herkesin önünde teşekkür etme fırsatı bulduğum için mutluyum. Gidilmemiş oyun bah-

çeleri ve oynanmamış frizbi oyunları için Grace, Ben, Clare, Leo, Rose, Vincent, Dominick, Helen ve Gerard'dan özür diliyorum. Ama artık böyle olmayacak.

İNDEKS



YAYIN NO: 21, BİLİM / 1
ISBN 9944-321-19-2
genel yayın yönetmeni
İslam Özkan

tashih
Nihal Çolak

redaksiyon
Burcu çekmece

kitap iç düzenleme
Burhan Maden

kapak
Mustafa Odabaşı
Termit Design House

baskı ve cilt
Günaydın Matbaası
Litros Yolu, 2. Matbaacılar Sitesi, Topkapı, İstanbul

kitabın orijinal adı:
Darwin's Black Box, Biochemical Challange to Evolution, Free Pres, 2006

birinci baskı
1996, Aksoy Yayıncılık

ikinci baskı
Mart 2007, Kesit Yayınları

KESİT YAYINLARI

Molla Fenari Sokak.
İnel Han No: 3 Kat: 2
Cağaloğlu/İstanbul

tel: 0212 526 52 43 - 526 85 50-51
faks: 0212 526 85 52

kesit@kesityayinlari.com
www.kesityayinlari.com